Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «Транспорт»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой

_____ _____
подпись инициалы, фамилия
« ____» _____20 __ г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Совершенствование методики оценки влияния модернизации транспортных средств на безопасность транспортных процессов

23.03.01 – Технология транспортных процессов

23.03.01.01 – Организация перевозок и управление на автомобильном транспорте

Научный руководитель А.М. Асхабов

Выпускник П.С. Бояркин

Рецензент В.А. Зеер

Красноярск 2019

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «Транспорт»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ И.М. Блянкинштейн
« ____» _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

Красноярск 2019

Студенту: Бояркину Павлу Сергеевичу

Группа: ФТ17-05М Направление (специальность): 23.03.01 «Технология транспортных процессов»

Тема выпускной квалификационной работы: «Совершенствование методики оценки влияния модернизации транспортных средств на безопасность транспортных процессов»

Утверждена приказом по университету № 16347/с от 13 ноября 2017

Руководитель ВКР: А.М. Асхабов, доцент кафедры «Транспорт»

Перечень разделов ВКР:

1 Анализ существующих методов оценки безопасности ТС с внесёнными в конструкцию изменениями;

2 Разработка методики определения координат центра масс ТС расчётным методом;

3 Исследование возможности применения методики

4 Выводы

Презентационный материал (12 слайдов)

Руководитель А.М. Асхабов

Задание принял к исполнению П.С. Бояркин

13 ноября 2017 г.

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация по теме «Совершенствование методики оценки влияния модернизации транспортных средств на безопасность транспортных процессов» содержит 69 страниц текстового документа, 31 использованный источник.

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ, УСТОЙЧИВОСТЬ АВТОМОБИЛЯ, ВНЕСЕНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ В КОНСТРУКЦИЮ, ТРАНСПОРТНЫЙ ПРОЦЕСС, ЦЕНТР МАСС АВТОМОБИЛЯ.

Цель работы: совершенствование методики оценки безопасности ТС после их модернизации и ее влияние на безопасность транспортных процессов.

В результате были решены следующие задачи: проанализированы и классифицированы изменения, вносимые в конструкцию транспортных средств; проанализирована нормативно-правовая база, регламентирующая внесение изменений в конструкцию транспортных средств; разработана методика оценки и проведена оценка влияния изменений в конструкцию транспортных средств на безопасность транспортных процессов.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение…… 6

1 Анализ существующих методов оценки безопасности ТС с внесёнными в конструкцию изменениями……...…….. 7

1.1 Обзор существующих исследований в области контроля безопасности конструкции транспортных средств при внесении в неё изменений…….. 7

1.2 Анализ аварийности на автомобильном транспорте ……..……..... 10

1.3 Анализ нормативных документов, регламентирующих внесение изменений в конструкцию транспортных средств…….……. 12

1.4 Анализ статистики изменений, вносимых в конструкцию транспортных средств в Красноярском крае……..... 17

2 Разработка методики определения координат центра масс ТС расчётным методом……...…….. 24

3 Исследование возможности применения методики……..…….. 53

4 Выводы……. 63

Заключение……. 64

Список использованных источников…… 65

ВВЕДЕНИЕ

Современный автомобиль представляет собой сплав новейших инженерных решений. Его функциональные возможности соответствуют требованиям большинства автовладельцев. Однако может возникнуть ситуация, когда в заводской комплектации нужно провести определенные технические усовершенствования, то есть внести изменения в конструкцию транспортного средства. Такие изменения вносятся, как правило, с целью улучшения определённых характеристик автомобиля (проходимость, грузоподъёмность), которые не отвечают потребностям владельца автомобиля в том объёме, в котором они были заложены заводом-изготовителем. И здесь встаёт самый главный вопрос – насколько подобные усовершенствования будут безопасными как для владельца транспортного средства, так и для других участников движения.

1 Анализ существующих методов оценки безопасности ТС с внесёнными в конструкцию изменениями

1.1 Обзор существующих исследований в области контроля безопасности конструкции транспортных средств при внесении в неё изменений

Белехов А.А. в своих работах [1; 16] отмечает необходимость качественной оценки возможности внесения изменений в конструкцию ТС, находящихся в эксплуатации. Данная оценка заключается, во-первых, в определении списка изменений, вносимых в конструкцию ТС, находящихся в эксплуатации, а во-вторых, в количественной оценке вносимых изменений. Она проводится в виде предварительной технической экспертизы конструкции ТС. Для первого этапа требуется составление наиболее широкой и всеохватывающей номенклатуры конструкций серийно выпускаемых ТС, а также списка вносимых в конструкцию изменений. В ходе проведения второго этапа на основе определенного списка вносимых в конструкцию изменений необходимо провести их количественную оценку. Для этого автор описывает модель проведения предварительной технической экспертизы и составляет её математическое описание. Таким образом, выбирая необходимые значения параметров из нормативно-технической документации, можно произвести качественную расчетно-аналитическую оценку возможности внесения изменений в конструкцию транспортного средства. В соответствии с установленными параметрами определяется возможность внесения изменений в конструкцию данного транспортного средства.

Генсон Е.М., Лобов Н.В., Королев И.А. [2] пришли к выводу, что для максимального снижения риска возникновения материального и человеческого ущерба в процессе эксплуатации автомобилей необходимо урегулировать процесс внесения изменений в конструкцию ТС. На первом этапе был проведён обзор нормативных документов, обеспечивающих

оценку эксплуатационной безопасности ТС при внесении изменений в конструкцию. По результатам анализа было выявлено, что на законодательном уровне не определены формы документов по переоборудованию, соответственно, заключения экспертных организаций составляются в свободной форме. Как следствие многие экспертные организации не соблюдают требования данных нормативных документов. В ходе выполнения исследований составлен перечень мероприятий, необходимых для повышения эксплуатационной безопасности при внесении изменений в конструкцию ТС:

1. Разработка формы заключения предварительной технической экспертизы, учитывающей требования к производимым работам.

2. Разработка формы протокола технической экспертизы после переоборудования.

3. Проверка применяемых при переоборудовании узлов и агрегатов и подлинности сертификатов соответствия к ним, а также подлинности диагностической карты.

Исследование Белехова А.А. и Евтюкова С.А. [3] посвящено совершенствованию методов предварительной технической экспертизы как первому этапу определения возможности внесения изменений в конструкцию транспортных средств. Авторы приходят к выводу, что предварительная техническая экспертиза должна дать возможность собственнику ТС оценить возможность и порядок внесения изменений в конструкцию, предъявляемые требования. Также она должна дать подробные рекомендации о выборе производственной базы, на которой может быть осуществлено переоборудование, и требованиях, предъявляемых к запасным частям, устанавливаемым в процессе внесения изменений. С целью предоставления собственнику ТС данной информации был разработан алгоритм проведения предварительной технической экспертизы расчетно-аналитическим методом. Суть данного метода заключается в систематизации, обработке и использовании накопленных статистических данных для научных и

практических выводов. Таким образом, проведение экспертизы состоит из двух этапов:

1. Анализ имеющихся в обращении конструкций ТС на основе выданных одобрений типа транспортного средства (ОТТС), имеющейся нормативно-технической документации и накопленного опыта.

2. Расчет и определение предложений по процессу внесения изменений и по возможности использования узлов, деталей и крепежа. При расчете необходимо учитывать влияние вносимых изменений на уровень обеспечиваемой безопасности дорожного движения.

Зубриський С.Г. [4] подходит к проблеме оценки влияния внесения изменений в конструкцию транспортных средств на безопасность их эксплуатации с практической стороны. В своей работе им были проведены широкие исследования статистики внесения изменений в конструкцию (переоборудование) автотранспортных средств их владельцами, которые позволили классифицировать внесения изменений по их видам и типам автотранспортных средств. Проведенные с помощью разработанного программного обеспечения расчетные исследования показали, что внесение изменений в конструкции автотранспортных средств могут, в одном из весовых состояний, изменять горизонтальную и вертикальную координаты центра масс автомобиля. Изменение координат центра масс способно оказать отрицательное влияние на параметры устойчивости транспортного средства. Выполненное методами математической статистики исследование позволило подтвердить целесообразность экспериментального определения координат центра масс методом подъема транспортного средства и обосновать диапазон оптимальных углов его подъема на стенде, находящихся в диапазоне 6... 15°, по условиям допустимых значений суммарных погрешностей измерений. На основании исследований тормозной динамики автотранспортных средств с целью исключения отрицательного влияния на их устойчивость вносимых изменений в конструкцию, установлены поля допустимых изменений

координат центра масс автотранспортных средств в различном их весовом состоянии.

Работы Белехова А.А. и Горшкова В.Н. [5; 15] посвящены разработке алгоритмов проведения оценки возможности внесения изменений в конструкцию транспортных средств, находящихся в эксплуатации. Авторами проведён анализ существующего порядка за контролем внесения изменений в конструкцию транспортных средств, находящихся в эксплуатации, действующего на территории Российской Федерации и в ряде других стран. Указаны главные недостатки существовавших и существующей систем контроля за внесением изменений в конструкцию транспортных средств и предложено направление совершенствования действующего на сегодняшний день алгоритма.

Грядунов В.М. [6] в своей работе описывает общую схему действий собственника транспортного средства при внесении изменений в конструкцию транспортного средства, но при этом не выделяет никаких достоинств и недостатков.

Возможностям совершенствования существующих механизмов оценки соответствия транспортных средств при внесении изменений в их конструкцию также посвящены работы Ярушкина С.А., Чичкиной М.И., Гируцкого О.И., Кириллова К.А., Молева Ю.И., Грошева А.М. [7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14; 19, 20].

В области анализа практики внесения изменений в конструкцию транспортных средств на основе статистической информации можно выделить исследования Ефанова С.И., Молева Ю.И., Панова Ю.В. [17; 18; 21]

1.2 Анализ аварийности на автомобильном транспорте

Повышение безопасности дорожного движения, направленное на сохранение жизни, здоровья и имущества граждан Российской Федерации, является одним из приоритетных направлений государственной политики и

важным фактором обеспечения устойчивого социально-экономического развития страны. Однако дорожно-транспортные происшествия наносят экономике России и обществу в целом колоссальный социальный, материальный и демографический ущерб.

Большая часть ДТП, произошедших на дорогах России (в 2015 г. – 91,4%, в 2016 г. – 86,9%, в 2017 г. – 84,7%), является следствием нарушения Правил дорожного движения водителями.

Нарушение требований ПДД пешеходами стали причиной 12,7% ДТП в 2015 г., 12,6% – в 2016г. и 12,4% – в 2017 г.

Влияние недостатков транспортно-эксплуатационного состояния улично-дорожной сети фиксировалось в 27,8% случаев в 2015 г., 41,2% – в 2016 г. и 40,1% – в 2017 г.

Происшествия по причине технической неисправности автомобилей занимают небольшую долю от общего числа дорожно-транспортных происшествий (в 2015 г. – 1,4% от общего числа ДТП, в 2016 г. – 3,7%, в 2017 г. – 3,8%), однако в то же время эти происшествия отличаются высокой тяжестью последствий. В 2015 году произошло 2553 ДТП, унесших жизни 537 человек. В 2016 году произошло 5934 таких ДТП, их жертвами стали 978 человек, ещё 8032 человека получили ранения. В 2017 году по причине технической неисправности автомобилей в России произошло 6455 ДТП, в них погибли 1058 человек, пострадали 9737 человек.

К основным видам неисправностей, ставшими причиной ДТП, относятся:

1. Установка на одну ось ТС шин различных размеров, конструкций, моделей, с различным рисунком протектора, а также установка на ТС одновременно ошипованных и неошипованных шин (29,6% от общего числа ДТП по причине технической неисправности ТС в 2016 г. и 22,8% в 2017 г.);
2. Наличие в конструкции ТС изменений по сравнению с серийным транспортным средством, сведения о которых отсутствуют в

регистрационных документах (13,4% от общего числа ДТП по причине технической неисправности ТС в 2016 г. и 13% в 2017 г.);

3. Износ рисунка протектора (11,5% от общего числа ДТП по причине технической неисправности ТС в 2016 г. и 7,7% в 2017 г.);
4. Неисправность внешних световых приборов (8,2% от общего числа ДТП по причине технической неисправности ТС в 2016 г. и 7,4 % в 2017 г.) [22; 23].

Тем не менее, вышеприведенные значения, характеризующие число происшествий из-за технической неисправности транспортных средств, неправильно считать объективно показывающими фактическое состояние дел. В большинстве инцидентов это связано с тем, что невозможно установить реальное техническое состояние ТС в момент наступления ДТП, а также с наличием определенных недостатков применения на практике методик фиксации, учета и анализа происшествий.

Практический опыт и анализ сведений о ДТП показывает, что существенное увеличение уровня аварийности автотранспортных средств, случается не только в связи с использованием технически неисправных автомобилей. Сейчас к таким неисправностям возможно без всяких сомнений отнести и те изменения, которые производятся собственниками ТС в конструкции их автомобилей без процедуры соответствующего утверждения. Подобная ситуация зачастую носит массовый характер, что во многих случаях оказывает явное негативное влияние на конструктивную безопасность ТС.

1.3 Анализ нормативных документов, регламентирующих внесение изменений в конструкцию транспортных средств

Внесение изменений в конструкцию транспортных средств регламентируется Техническим регламентом Таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колёсных транспортных средств». Согласно ему, внесение изменений в конструкцию транспортного средства – исключение

предусмотренных или установка не предусмотренных конструкцией конкретного транспортного средства составных частей и предметов оборудования, выполненные после выпуска транспортного средства в обращение и влияющие на безопасность дорожного движения. К объектам технического регулирования, на которые распространяется действие технического регламента, относятся:

1. Колесные транспортные средства категорий L, M, N и O, предназначенные для эксплуатации на автомобильных дорогах общего пользования (далее – транспортные средства), а также шасси;

2. Компоненты транспортных средств, оказывающие влияние на безопасность транспортных средств.

В соответствии с пунктом 75 Регламента, проверка выполнения требований к транспортным средствам, находящимся в эксплуатации, в случае внесения изменений в их конструкцию осуществляется в форме предварительной технической экспертизы конструкции на предмет возможности внесения изменений и последующей проверки безопасности конструкции и технического осмотра транспортного средства с внесенными в конструкцию изменениями. В ходе предварительной технической экспертизы удостоверяются в том, что после внесения изменений в конструкцию транспортного средства, сохранится его соответствие требованиям настоящего технического регламента, действовавшим на момент выпуска транспортного средства в обращение. По итогам экспертизы выдаётся «Заключение технической экспертизы конструкции транспортного средства»

В ходе проверки безопасности конструкции транспортного средства удостоверяются в том, что после внесения изменений в конструкцию транспортного средства его безопасность соответствует требованиям настоящего технического регламента. Результатом проверки безопасности конструкции является оформление «Протокола технической экспертизы после внесения изменений в конструкцию транспортного средства» [24].

1 июня 2019 года вступили в силу Правила внесения изменений в конструкцию находящихся в эксплуатации колесных транспортных средств и осуществления последующей проверки выполнения требований технического регламента Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств», утверждённые Постановлением Правительства РФ от 06.04.2019 №413. Правилами устанавливается порядок внесения изменений в конструкцию транспортных средств, перечень документов, предоставляемых в подразделение ГИБДД, требования к содержанию заключения предварительной технической экспертизы конструкции транспортного средства, к содержанию декларации производителя работ по установке на транспортное средство газобаллонного оборудования и требования к содержанию протокола проверки безопасности конструкции транспортного средства после внесенных в нее изменений. Также в Правилах указаны изменения конструкции транспортного средства, при которых выносится решение об отказе в их регистрации:

1. Уничтожение идентификационного номера;
2. Увеличение разрешенной максимальной массы и (или) изменение базы в случае, если отсутствует одобрение типа транспортного средства с аналогичными характеристиками;
3. Замена кузова (частей кузова) легкового автомобиля или автобуса, кабины (частей кабины) грузового автомобиля и (или) шасси транспортного средства на кузов (части кузова), кабину (части кабины) и (или) шасси, которые не предусмотрены маркой транспортного средства;
4. Установка грузоподъемного оборудования для самостоятельной погрузки и разгрузки грузов, в отношении которого не была проведена оценка соответствия в составе транспортного средства [25].

До 1 января 2015 года на территории Российской Федерации внесение изменений в конструкцию транспортных средств регламентировалось

Приказом МВД России от 07.12.2000 №1240 «Об утверждении нормативных правовых актов, регламентирующих деятельность Государственной инспекции безопасности дорожного движения Министерства внутренних дел Российской Федерации по техническому надзору». Данным приказом была утверждена процедура внесения изменений в конструкцию транспортных средств:

1. Рассмотрение ГИБДД заявления на внесение изменений в конструкцию транспортного средства. В заявлении подробно описываются вносимые в конструкцию транспортного средства изменения. По результатам рассмотрения заявления выносится соответствующее решение.
2. Если решение предусматривает получение заключения о возможности и порядке внесения изменений в конструкцию, то собственник транспортного средства обращается в организацию, выдающую такие заключения.
3. Внесение изменений в конструкцию транспортного средства организацией, выполняющей такие работы и выдающей собственнику ТС заявление-декларацию об объёме и качестве выполненных работ.
4. Проверка конструкции транспортного средства на станции государственного технического осмотра. По результатам проверки выдаётся диагностическая карта.
5. Выдача Свидетельства о соответствии конструкции транспортного средства требованиям безопасности [24].

Из недостатков процедуры оценки соответствия транспортных средств с внесёнными в их конструкцию изменениями требованиям безопасности можно выделить то, что в техническом регламенте отсутствуют методики испытания автомобилей после внесения изменений в их конструкцию. Например, в приложении 9 «Требования в отношении отдельных изменений, внесённых в конструкцию транспортных средств» ТР ТС 018/2011 имеется

раздел 1, касающийся изменения типа кузова автомобиля. Одним из требований этого раздела является следующее: "Максимальная масса и ее распределение по осям и бортам, а также изменение координат центра масс не должны превышать пределов, установленных изготовителем транспортного средства". При этом в регламенте нет методики, по которой можно проверить, насколько изменятся координаты центра масс.

1.4 Анализ статистики изменений, вносимых в конструкцию транспортных средств в Красноярском крае

По состоянию на конец 2017 года в Красноярском крае зарегистрировано 1059172 автотранспортных средства, уровень автомобилизации региона составляет 289 автомобилей на 1000 жителей. Структура парка приведена на рисунке 1.1

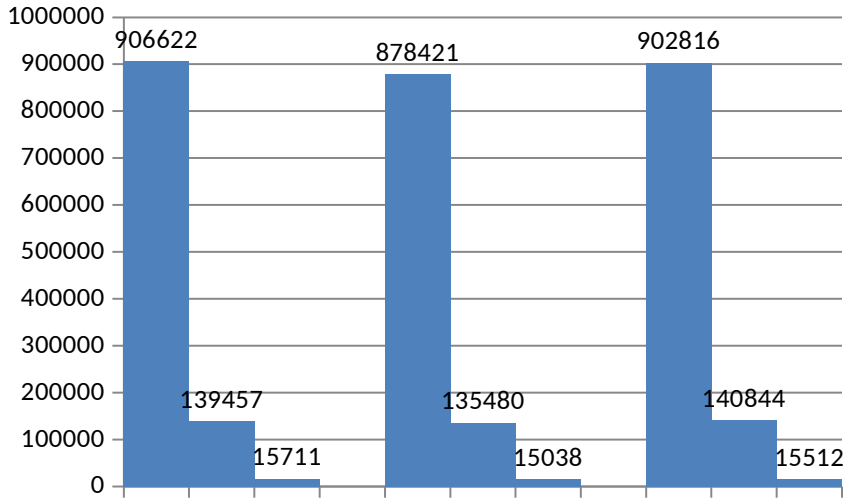

Рисунок 1.1 – Структура парка автомобильного транспорта Красноярского края в период с 2015 по 2017 год

Как видно из рисунка 1.1, доли легковых, грузовых автомобилей и автобусов в общем парке по всем годам примерно одинаковы и составляют 85%, 13%, и 2% соответственно.

На рисунке 1.2 приведена структура парка переоборудованных в Красноярском крае автотранспортных средств.

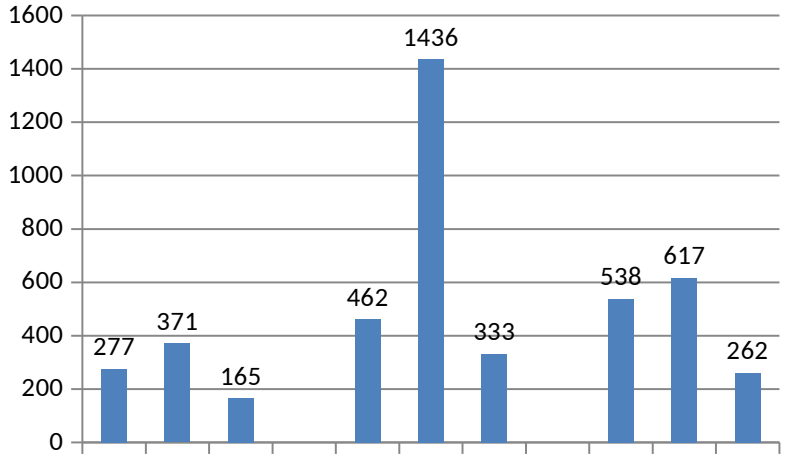

Рисунок 1.2 – Количество легковых и грузовых автомобилей, а также автобусов, в конструкцию которых были внесены изменения

Доля переоборудованных транспортных средств от общей численности парка представлена в таблице 1.1

Таблица 1.1 – Доля переоборудованных ТС от общей численности парка Красноярского края

Год	Тип транспортного средства	Доля от общей численности парка легковых автомобилей, грузовых автомобилей и автобусов соответственно, %
2015	Легковые автомобили	0,03
	Грузовые автомобили	0,22
	Автобусы	1,05
2016	Легковые автомобили	0,05
	Грузовые автомобили	1,06
	Автобусы	2,21
2017	Легковые автомобили	0,06
	Грузовые автомобили	0,44
	Автобусы	1,69

На рисунках 1.3 – 1.5 приведена структура парка транспортных средств, переоборудованных в Красноярском крае по каждому году

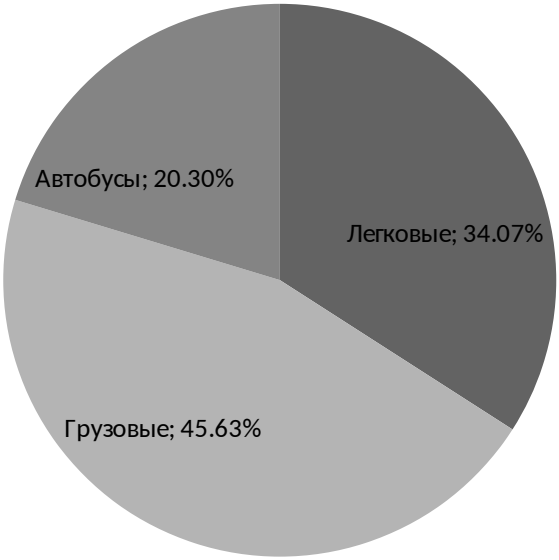

Рисунок 1.3 – Транспортные средства, переоборудованные в 2015 году

В 2015 году в Красноярском крае из всех транспортных средств, подвергавшихся переоборудованию, 46% – это грузовые автомобили, 34% – легковые, 20% – автобусы.

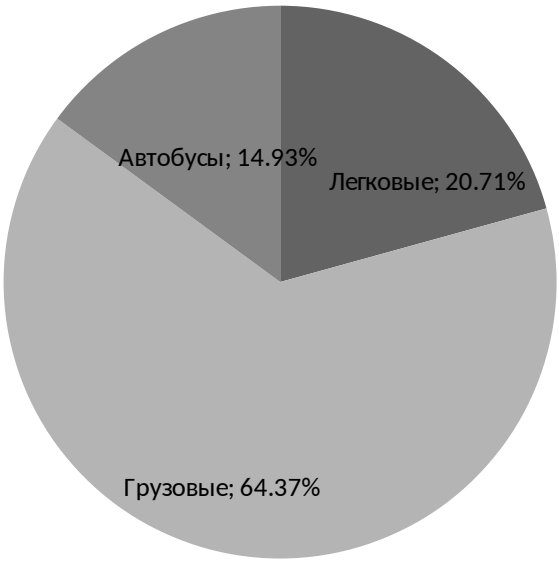

Рисунок 1.4 – Транспортные средства, переоборудованные в 2016 году

В 2016 году существенно увеличилась доля грузовых автомобилей (64%), доля автобусов уменьшилась до 15%, а легковых автомобилей – до 21%.

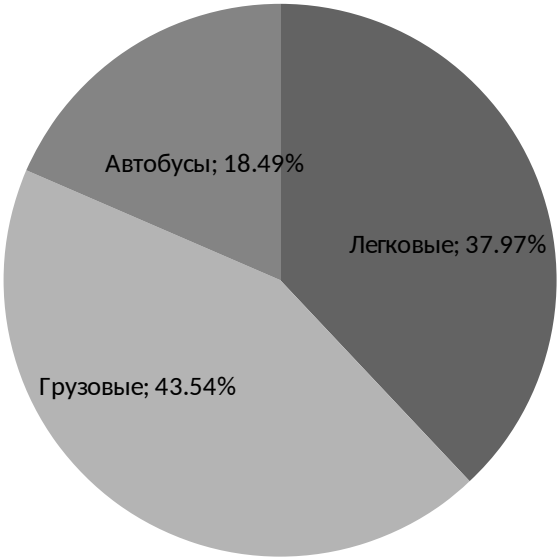

Рисунок 1.5 – Транспортные средства, переоборудованные в 2017 году

В 2017 году доли грузовых и легковых автомобилей, а также автобусов были практически такими же, как и в 2015 году. По сравнению с этим годом доля грузовых автомобилей увеличилась всего на 1%, легковых – на 5%, а доля автобусов снизилась на 4%. На рисунке 1.6 представлена структура парка переоборудованных грузовых автомобилей по маркам.

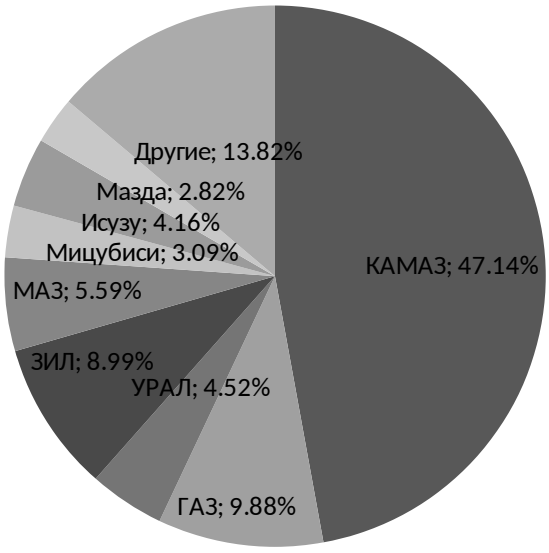

Рисунок 1.6 – Марки переоборудованных грузовых автомобилей

47% из всех грузовых автомобилей, подвергавшихся переоборудованию, составляют автомобили марки КАМАЗ. Более чем две

трети (70%) переоборудованных автомобилей – отечественного производства (КАМАЗ, ГАЗ, Урал, ЗиЛ). На рисунке 1.7 приведена структура изменений, вносившихся в конструкцию грузовых автомобилей.

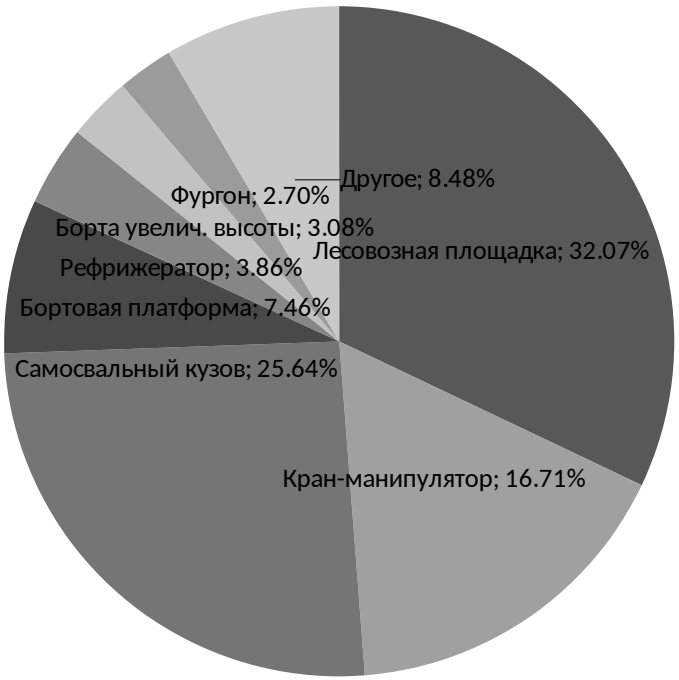

Рисунок 1.7 – Оборудование, устанавливаемое на грузовые автомобили

Подавляющее большинство изменений, вносимых в конструкцию грузовых автомобилей – это замена грузонесущей части одного типа на другой. К другим изменениям можно отнести изменения, связанные с обеспечением безопасности дорожного движения, например, установку ограничителя скорости или антиблокировочной системы.

В 32% случаев на грузовые автомобили устанавливается лесовозная площадка, ещё в 26% – самосвальный кузов. На 17% грузовых автомобилей монтируется кран-манипулятор (на лесовозы и бортовые автомобили). 7% переоборудований – это установка бортового кузова, ещё 4 – кузова типа «рефрижератор», по 3% приходится на установку кузова типа «фургон» и наращивание бортов. На рисунке 1.8 представлена структура парка переоборудованных автобусов по маркам.

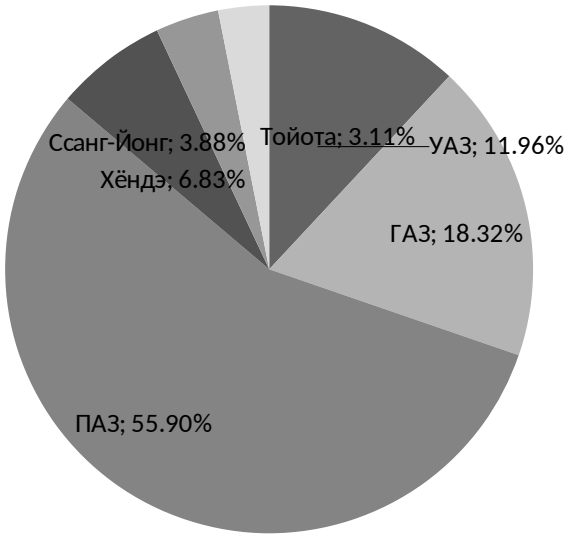

Рисунок 1.8 – Марки переоборудованных автобусов

56% автобусов, в конструкцию которых были внесены изменения – это автобусы марки ПАЗ (моделей 3204, 3205, 4234 и их модификации), относящиеся к категории М3 (автобусы с разрешённой максимальной массой более 5 тонн). Остальные автобусы относятся к категории М2 (автобусы с разрешённой максимальной массой менее 5 тонн). Это микроавтобусы марок ГАЗ (почти 50% от всех микроавтобусов), УАЗ, Toyota, Hyundai, SsangYong. На рисунке 1.9 отражена структура изменений в конструкции автобусов.

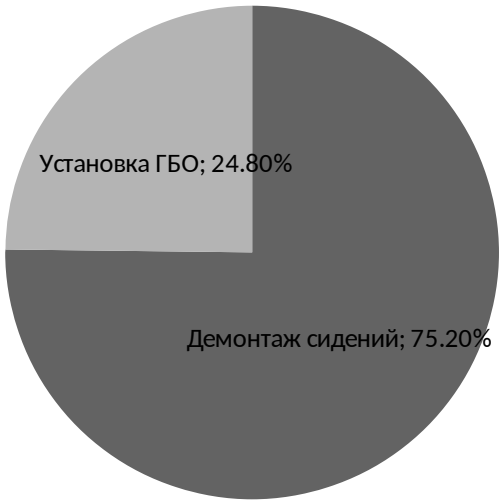

Рисунок 1.9 – Изменения, вносимые в конструкцию автобусов

Три четверти всех изменений, вносившихся в конструкцию автобусов, приходится на демонтаж сидений. Сиденья демонтируются с целью

увеличения накопительных площадок в салоне автобуса и, соответственно, увеличения пассажировместимости, как в случае с автобусами марки ПАЗ, так и для уменьшения количества мест (не считая места водителя) до значения, меньшего или равного 8, как например, у остальных марок автобусов. Это позволяет управлять такими транспортными средствами, имея водительское удостоверение наиболее распространённой категории В. Оставшаяся часть изменений – установка газобаллонного оборудования. На рисунке 1.10 приведена структура парка легковых автомобилей, в конструкцию которых вносились изменения.

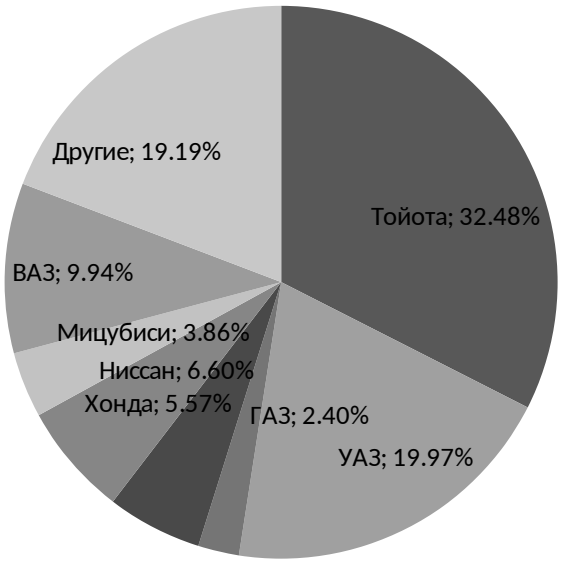

Рисунок 1.10 – Марки переоборудованных легковых автомобилей

Больше всего переоборудованных автомобилей (32%) относятся к марке «Тойота». Пятая часть всех переоборудованных легковых автомобилей составляют автомобили марки УАЗ, 10% – ВАЗ. 30% всех автомобилей с внесёнными в конструкцию изменениями отечественного производства. На рисунке 1.11 представлена структура изменений в конструкции легковых автомобилей.

Рисунок 1.11 – Изменения, вносимые в конструкцию легковых автомобилей

Почти половина всех изменений, вносимых в конструкцию легковых автомобилей – это установка дополнительного оборудования, а именно:

1. Колёс, имеющих большие размеры, чем колёса, устанавливаемые заводом-изготовителем.
2. Переднего бампера с трубчатой защитой передней части автомобиля и лебёдкой
3. Воздухозаборника типа «шноркель»

29% изменений приходится на замену двигателя. 8% легковых автомобилей переоборудуются в учебные транспортные средства. В данном случае напротив переднего пассажирского сиденья устанавливаются дополнительные педали тормоза и сцепления, воздействие на которые передаётся также на педали напротив водительского сиденья. На 14% легковых автомобилей устанавливается газобаллонное оборудование: газовый баллон и редуктор.

2 Разработка методики определения координат центра масс ТС расчётным методом

Бóльшая часть изменений, вносимых в конструкцию автомобилей – это замена грузонесущей части на грузовых автомобилях. Она влечёт за собой изменение координат центра масс автомобиля, что в свою очередь влияет на его продольную и поперечную устойчивость. Чем выше располагается центр масс, тем менее устойчив автомобиль на поворотах и выше вероятность его опрокидывания.

Координаты центра масс автомобиля можно найти, используя положения одного из разделов механики – статики. Для этого относительно передней оси автомобиля составим уравнение моментов сил, действующих на автомобиль в точке О, находящейся между передней осью и задней тележкой, и на саму заднюю тележку.

Расчётная схема для определения абсциссы центра масс автомобиля в снаряжённом состоянии показана на рисунке 2.1

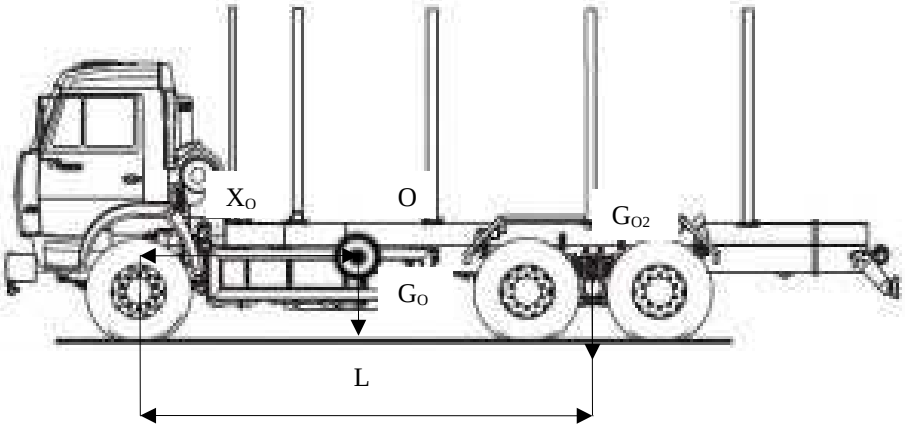

Рисунок 2.1 – Расчётная схема для определения абсциссы центра масс автомобиля в снаряжённом состоянии

Условие равновесия:

$$G_{O2} L = G_O X_O \qquad (2.1)$$

Исходя из условия равновесия, найдём абсциссу центра масс автомобиля в снаряжённом состоянии:

$$x_O = \frac{G_{O2} L}{G_O} \qquad (2.2)$$

где X_O – абсцисса центра масс ТС в снаряженном состоянии, м;

$G_ш$ – масса шасси, т;

$G_н$ – масса надстройки, т;

G_{O2} – часть массы ТС в снаряженном состоянии, приходящаяся на заднюю ось (тележку), т;

L – база ТС, м.

Абсциссу центра масс гружёного автомобиля также можно найти при помощи уравнения моментов:

$$X_A = \frac{X_O G_O + X_Г G_Г}{G_O + G_Г} \qquad (2.3)$$

где X_A – абсцисса центра масс (ЦМА) груженого автомобиля, м;

$X_Г$ – абсцисса центра масс груза (ЦМГ), м;

$G_Г$ – вес груза в кузове автомобиля, т.

Расчётная схема для определения абсциссы центра масс гружёного автомобиля представлена на рисунке 2.2.

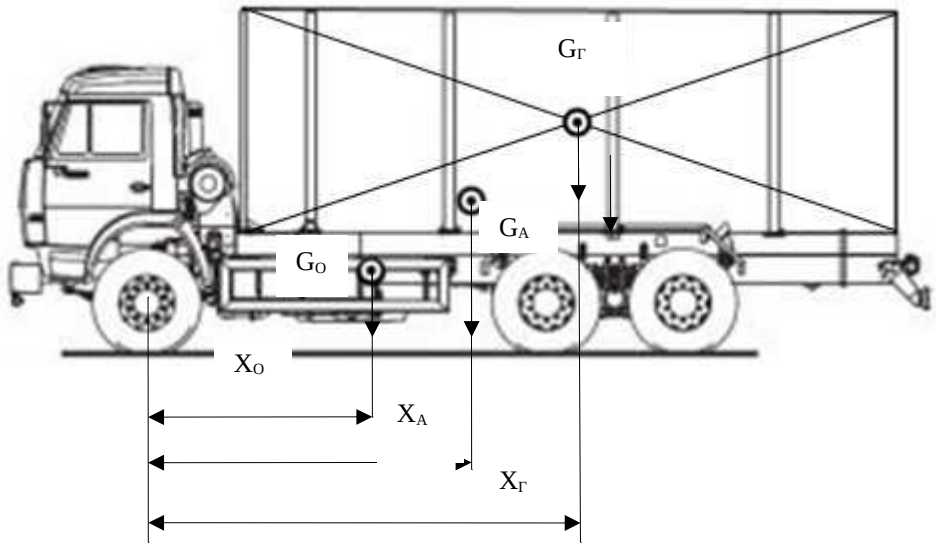

Рисунок 2.2 – Расчётная схема для определения абсциссы центра масс гружёного автомобиля

Ордината h_o центра тяжести снаряжённого автомобиля

$$h_o \approx 1{,}5\ r_к,$$

где $r_к$ – радиус качения колеса, м,

$$r_к = 0{,}5 \cdot d \cdot 25{,}4 + B \cdot N \cdot \lambda,$$

где d – посадочный диаметр, дюймы;

B – ширина профиля шины, мм;

N – отношение высоты к ширине профиля шины;

λ – деформация шины, λ = 0,8 – 0,9

Ордината центра масс гружёного бортового автомобиля определяется по формуле:

$$h_a = \frac{h_0 \cdot G_O + h_Г \cdot G_Г}{G_O + G_Г}; \qquad (2.6)$$

где $h_г$ – ордината центра масс груза

Показателями поперечной устойчивости автомобиля при криволинейном движении являются максимально возможные скорости

движения по дуге окружности и угол поперечного уклона дороги. Здесь также своё влияние оказывает расположение центра масс автомобиля, в частности, его ордината.

Максимально допустимая скорость по опрокидыванию [27]:

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{(0{,}5 \cdot b \pm tg\beta \cdot h_ц) \cdot R \cdot g}{h_ц \pm 0{,}5 \cdot b \cdot tg\beta}}, \quad (2.7)$$

где $h_ц$ – ордината центра масс груженого автомобиля, м; В – колея автомобиля, м.

При β = 0

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{b \cdot R \cdot g}{2 \cdot h_ц}} \quad (2.8)$$

Угол опрокидывания определяется по формуле:

$$\beta_{опр} = \text{arctg}\left(\frac{b}{2}\right) \quad (2.9)$$

где b – колея колёс, приведённая к плоскости, проходящей через центр масс ТС

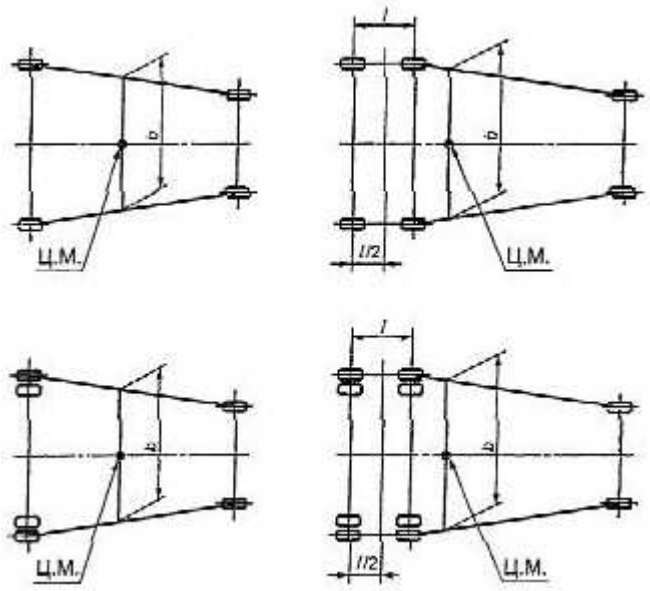

Рисунок 2.3 – Схема определения приведённой колеи b

Из формул 2.6, 2.7 и 2.8 видно, что чем выше ордината центра масс, тем меньше максимально допустимая скорость по опрокидыванию и соответственно, раньше происходит опрокидывание.

Величина угла статической устойчивости АТС против опрокидывания, должна быть не меньше нормативного значения $\alpha_н$, зависящего от коэффициента поперечной устойчивости АТС. Коэффициент поперечной статической устойчивости вычисляют по формуле:

$$q = (\frac{0,5B}{h})$$

(2.10)

Согласно ГОСТ 31507-2012, должны выполняться следующие условия [28]:

$\alpha_н = (– 2,4 + 42,4q)$ ° при $0,55 \leq q \leq 1$

$\alpha_н = (15 + 25q)$ ° при $q > 1$

$\alpha_н \geq 21°$ при $q < 0,55$

Нагрузка на заднюю ось (тележку):

$$z_2 = \frac{G_A X_A}{L}, \quad (2.11)$$

где G_A – вес груженого автомобиля, кг.

Нагрузка на переднюю ось:

$$z_1 = G_A - z_2 \quad (2.12)$$

Нагрузка на переднюю ось автомобиля при трогании с места на подъёме вычисляется по формуле:

$$z_1 = (G_A \cos\alpha\ b) - (G_A \sin\alpha\ h_0) - (((G_A \sin\alpha)/g) \cdot j) / L \quad (2.13)$$

где α – угол подъёма автомобиля в градусах;

b – расстояние от центра масс автомобиля до середины задней тележки, м;

j – ускорение автомобиля, м/с^2.

Ускорение автомобиля рассчитывается по формуле:

$$j = \frac{Д - f_i}{\delta вр} \cdot g \quad (2.14)$$

где Д – динамический фактор;

f_i – коэффициент сопротивления качению колёс АТС при определённой скорости, определяемый соотношением $f_i = f_o \cdot (1 + V_i^2 / 1500)$, где f_o - коэффициент сопротивления качению для асфальтированных дорог, f_o = 0,015;

g – ускорение свободного падения, g = 9,81 м/с^2;

$\delta_{вр}$ – коэффициент учета вращающихся масс, определяемый соотношением 1,04 + 0,04· $i_к^2$

Динамический фактор определяется по формуле:

$$Д = \frac{P_{mi} - P_{в i}}{G a};$$

(2.15)

где P_{mi} – сила тяги на *к-й* передаче при *i*-ом значении вращающего момента двигателя M_{ei}, Н;

$P_{вi}$ – сила сопротивления воздуха, Н

$$P_{вi} = kF_A V_i^2 ; \quad (2.16)$$

где k – коэффициент аэродинамического сопротивления автомобиля;

F_A – площадь лобового сопротивления автомобиля;

V_i – скорость движения АТС при частоте вращения коленчатого вала двигателя на k-й передаче, определяется по формуле:

$$V_i = \frac{\omega \cdot r_к}{i_k \cdot i_0}; \quad (2.17)$$

где ω – частота вращения коленчатого вала, $с^{-1}$

$$P_{mi} = (M_{ei} \cdot i_k \cdot i_0 \cdot \eta)/r_к; \quad (2.18)$$

где M_{ei} – крутящий момент двигателя, Нм;

i_k – передаточное число k-той передачи;

i_0 – передаточное число главной передачи;

η – КПД трансмиссии, η = 0,9 [29]

На рисунке 2.4 представлен предлагаемый алгоритм исследования влияния изменения координат центра масс на устойчивость автомобиля.

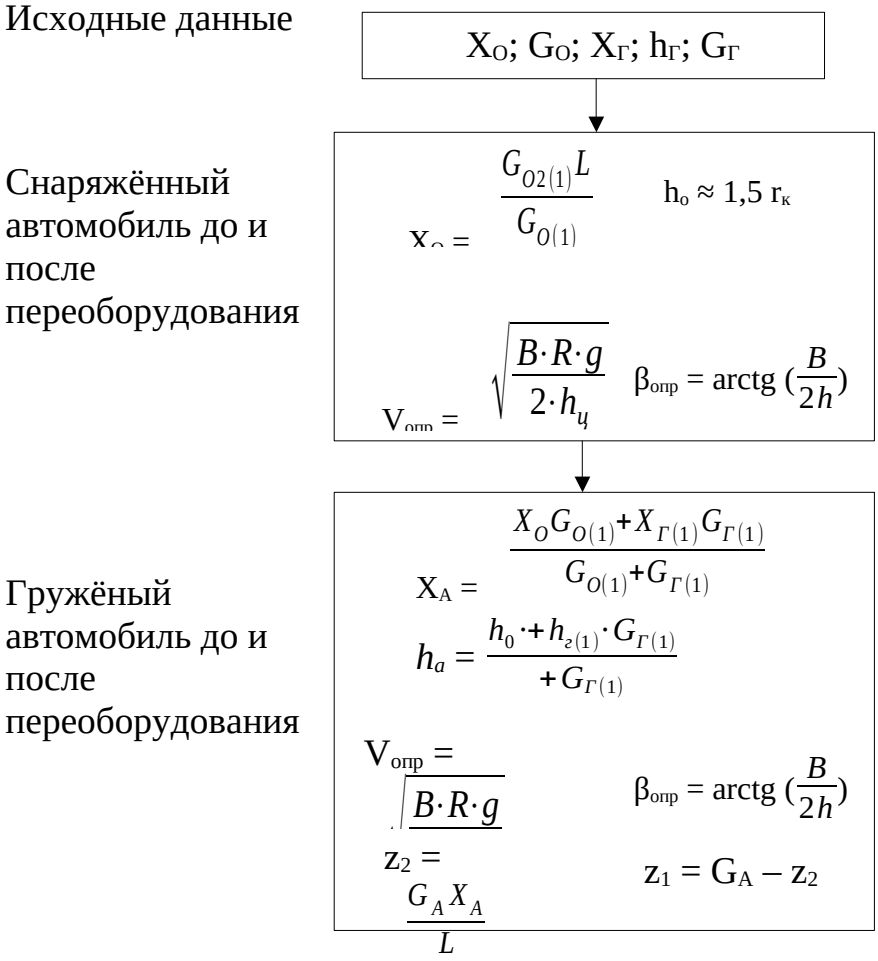

Рисунок 2.4 – Алгоритм исследования влияния изменения координат центра масс на устойчивость автомобиля

Рассмотрим автомобиль КАМАЗ 53215 в вариантах «бортовой», «сортиментовоз» и «автомобиль-шасси».

Абсцисса центра масс бортового автомобиля в снаряжённом состоянии:

$$X_O = \frac{4600 \cdot 4350}{7500 + 1000} = 2354{,}1 \text{ мм}$$

Ордината центра масс бортового автомобиля в снаряжённом состоянии:

$$r_к = 0{,}5 \cdot 20 \cdot 25{,}4 + 260 \cdot 0{,}98 \cdot 0{,}85 = 470{,}6 \text{ мм}$$

$h_o = 1{,}5 \cdot 470{,}6 = 705{,}9$ мм

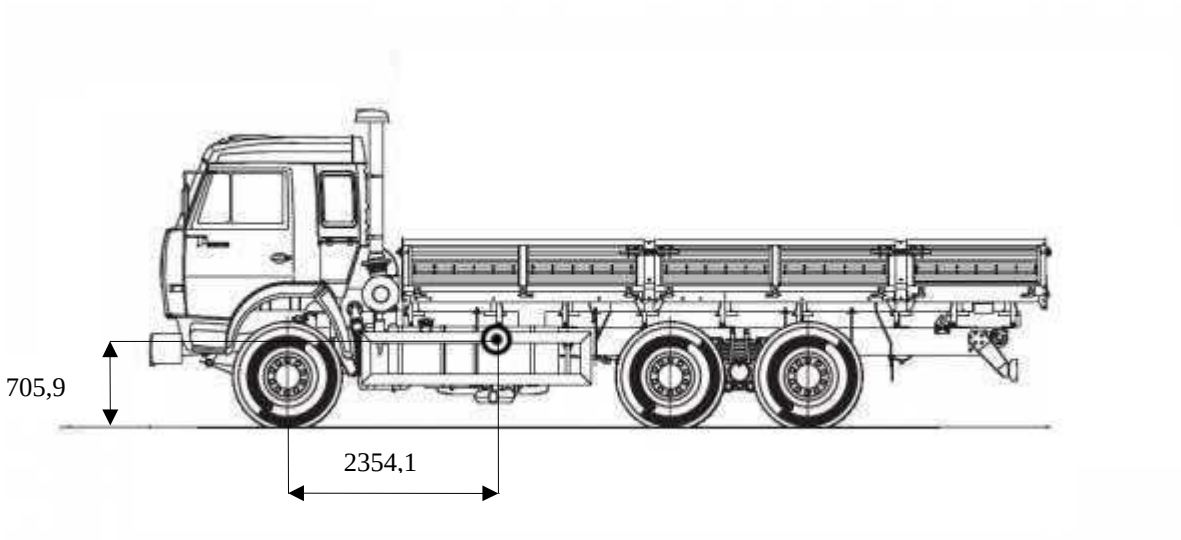

Рисунок 2.5 – Расположение центра масс бортового автомобиля в снаряжённом состоянии

Абсцисса центра масс гружёного бортового автомобиля:

$$X_A = \frac{2354,1 \cdot (7500+1000)+4150 \cdot 11000}{(7500+1000)+11000} = 3367,2 \text{ мм}$$

Ордината центра масс гружёного бортового автомобиля:

$$h_a = \frac{705,9 \cdot (7500+1000)+1537 \cdot 11000}{(7500+1000)+11000} = 1174,7 \text{ мм}$$

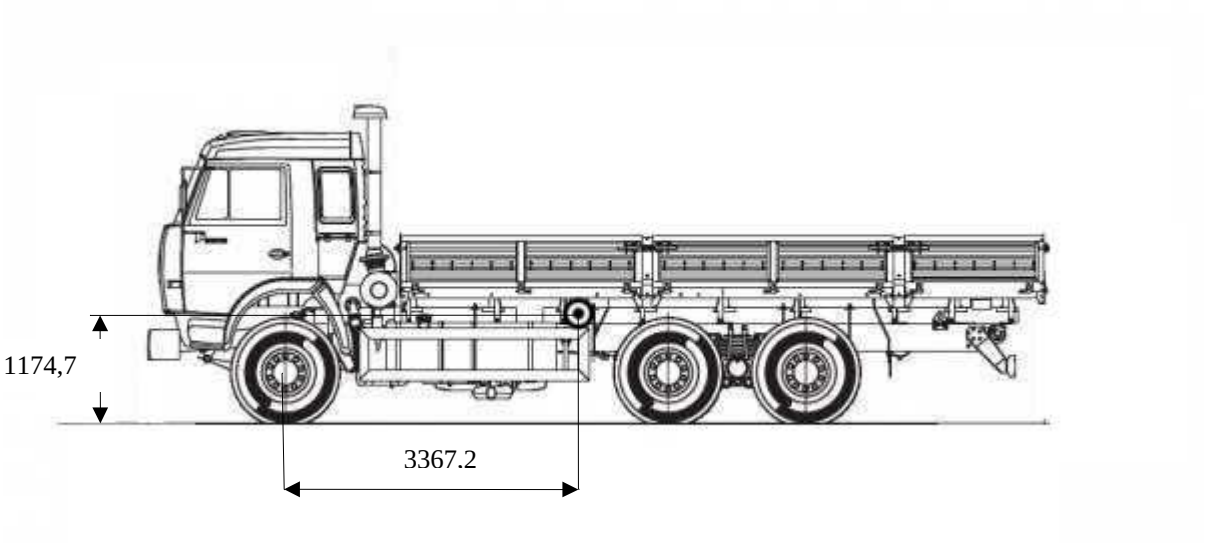

Рисунок 2.6 – Расположение центра масс гружёного бортового автомобиля

Абсцисса центра масс сортиментовоза в снаряжённом состоянии:

$$X_O = \frac{4730 \cdot 4350}{7500+1400} = 2311,9 \text{ мм}$$

Ордината центра масс сортиментовоза в снаряжённом состоянии:

$$r_к = 0,5 \cdot 20 \cdot 25,4 + 260 \cdot 0,98 \cdot 0,85 = 470,6 \text{ мм}$$

$$h_o = 1,5 \cdot 470,6 = 705,9 \text{ мм}$$

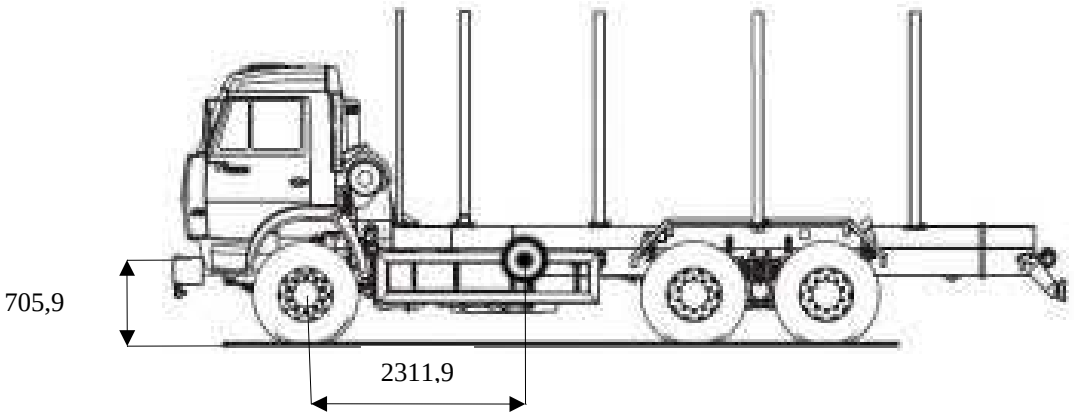

Рисунок 2.7 – Расположение центра масс сортиментовоза в снаряжённом состоянии

Абсцисса центра масс гружёного сортиментовоза:

$$X_A = \frac{2311,9 \cdot (7500+1400)+3700 \cdot 10000}{(7500+1400)+10000} = 3046,3 \text{ мм}$$

Ордината центра масс гружёного сортиментовоза:

$$h_a = \frac{705,9 \cdot (7500+1400)+2150 \cdot 10000}{(7500+1400)+10000} = 1470 \text{ мм}$$

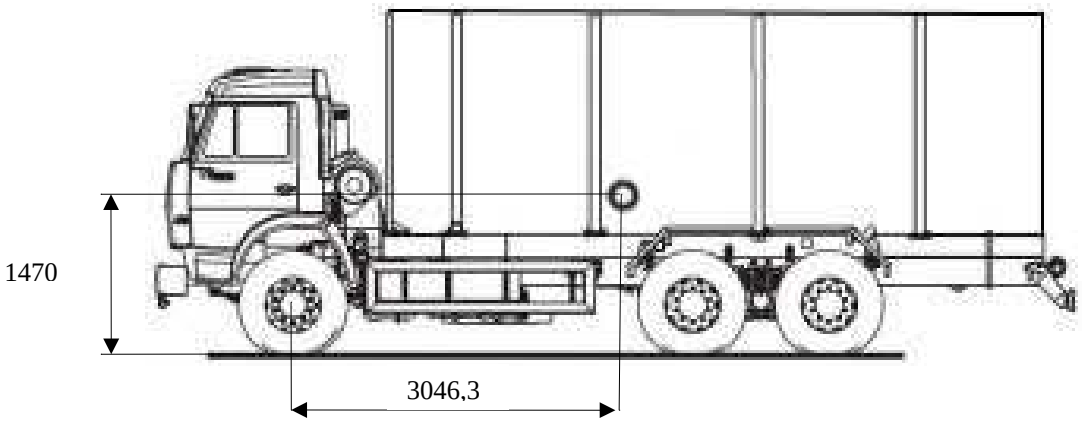

Рисунок 2.8 – Расположение центра масс гружёного сортиментовоза

Абсцисса центра масс автомобиля-шасси:

$$X_O = \frac{3250 \cdot 4350}{7500} = 2040 \text{ мм}$$

Ордината центра масс автомобиля-шасси:

$$r_к = 0{,}5 \cdot 20 \cdot 25{,}4 + 260 \cdot 0{,}98 \cdot 0{,}85 = 470{,}6 \text{ мм}$$

$$h_o = 1{,}5 \cdot 470{,}6 = 705{,}9 \text{ мм}$$

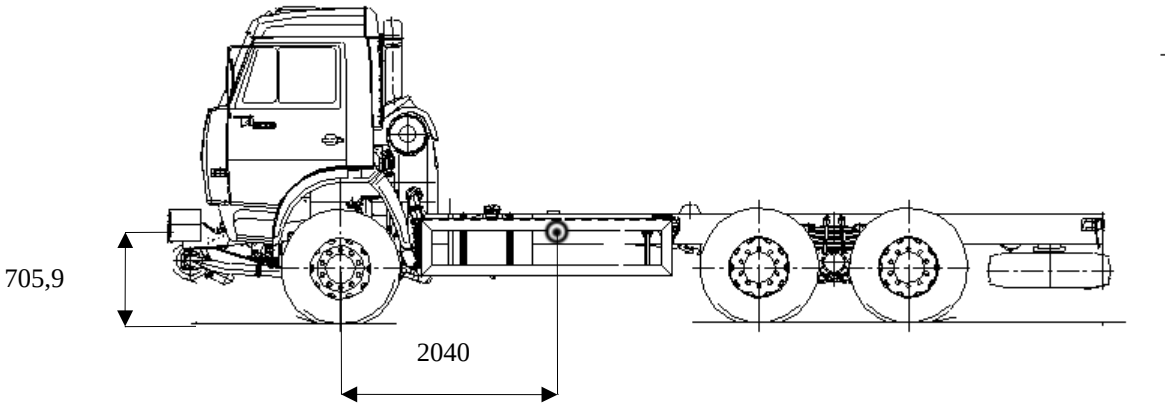

Рисунок 2.9 – Расположение центра масс автомобиля-шасси

Результаты расчётов показывают, что координаты центра масс автомобиля КАМАЗ-53215 после переоборудования из бортового в сортиментовоз существенно изменились. Абсцисса центра масс гружёного сортиментовоза уменьшилась на 9,6%, однако ордината центра масс увеличилась на 25,1%. Это связано с тем, что при смене грузонесущей части с бортовой платформы на сортиментовозную площадку увеличивается объём перевозимого груза, соответственно, увеличивается ордината центра масс груза (в данном случае на 40%), что влечёт за собой ухудшение поперечной устойчивости.

Максимально допустимая скорость по опрокидыванию для бортового автомобиля в снаряжённом состоянии:

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1{,}919 \cdot 10 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 0{,}7059}} = 11{,}54 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1,919 \cdot 20 \cdot 9,81}{2 \cdot 0,7059}} = 16,33 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1,919 \cdot 30 \cdot 9,81}{2 \cdot 0,7059}} = 20 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1,919 \cdot 40 \cdot 9,81}{2 \cdot 0,7059}} = 23,09 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1,919 \cdot 50 \cdot 9,81}{2 \cdot 0,7059}} = 25,82 \text{ м/с}$$

Максимально допустимая скорость по опрокидыванию для гружёного бортового автомобиля:

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1,875 \cdot 10 \cdot 9,81}{2 \cdot 1,1747}} = 8,85 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1,875 \cdot 20 \cdot 9,81}{2 \cdot 1,1747}} = 12,51 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1,875 \cdot 30 \cdot 9,81}{2 \cdot 1,1747}} = 15,32 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1,875 \cdot 40 \cdot 9,81}{2 \cdot 1,1747}} = 17,7 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1,875 \cdot 50 \cdot 9,81}{2 \cdot 1,1747}} = 19,79 \text{ м/с}$$

Максимально допустимая скорость по опрокидыванию для сортиментовоза в снаряжённом состоянии:

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1,940 \cdot 10 \cdot 9,81}{2 \cdot 0,7059}} = 11,61 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1,940 \cdot 20 \cdot 9,81}{2 \cdot 0,7059}} = 16,42 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1,940 \cdot 30 \cdot 9,81}{2 \cdot 0,7059}} = 20,11 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1,940 \cdot 40 \cdot 9,81}{2 \cdot 0,7059}} = 23,22 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1,940 \cdot 50 \cdot 9,81}{2 \cdot 0,7059}} = 25,96 \text{ м/с}$$

Максимально допустимая скорость по опрокидыванию для гружёного сортиментовоза:

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1{,}919 \cdot 10 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 1{,}47}} = 8 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1{,}919 \cdot 20 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 1{,}47}} = 11{,}31 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1{,}919 \cdot 30 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 1{,}47}} = 13{,}86 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1{,}919 \cdot 40 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 1{,}47}} = 16 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1{,}919 \cdot 50 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 1{,}47}} = 17{,}89 \text{ м/с}$$

Из результатов расчётов видно, что у гружёного автомобиля критические скорости по опрокидыванию меньше, чем у снаряжённого, то есть при том же радиусе поворота опрокидывание гружёного автомобиля более вероятно. Здесь своё влияние оказывает центр масс: у гружёного автомобиля он располагается выше, соответственно, за счёт увеличения плеча опрокидывающей силы увеличивается опрокидывающий момент.

Коэффициент поперечной устойчивости для снаряжённого бортового автомобиля:

$$q = (\frac{0{,}5 \cdot 1919}{705{,}9}) = 1{,}35$$

Для гружёного бортового автомобиля:

$$q = (\frac{0{,}5 \cdot 1875}{1174{,}7}) = 0{,}8$$

Для снаряжённого сортиментовоза:

$$q = (\frac{0,5 \cdot 1940}{705,9}) = 1,37$$

Для гружёного сортиментовоза:

$$q = (\frac{0,5 \cdot 1919}{1470}) = 0,65$$

Критический угол опрокидывания для снаряжённого бортового автомобиля:

$$\beta_{опр} = \text{arctg}\ (\frac{1919}{2 \cdot 705,9}) = 53,4°$$

Для гружёного бортового автомобиля:

$$\beta_{опр} = \text{arctg}\ (\frac{1875}{2 \cdot 1174,7}) = 38,7°$$

Для снаряжённого сортиментовоза:

$$\beta_{опр} = \text{arctg}\ (\frac{1940}{2 \cdot 705,9}) = 53,9°$$

Для гружёного сортиментовоза:

$$\beta_{опр} = \text{arctg}\ (\frac{1919}{2 \cdot 1470}) = 33°$$

Как видно из результатов расчётов, углы опрокидывания у гружёного сортиментовоза меньше, чем у гружёного бортового автомобиля, т.е. опрокидывание наступает раньше, что связано с увеличением ординаты центра масс автомобиля и груза. Соотношения $\alpha_н = (-2{,}4 + 42{,}4q)°$ при $0{,}55 \le q \le 1$ и $\alpha_н = (15 + 25q)°$ при $q > 1$ в данном случае выполняются.

Нагрузка на заднюю тележку для гружёного сортиментовоза:

$$z_2 = \frac{18900 \cdot 3046{,}3}{4350} = 13235 \text{ кг}$$

Нагрузка на переднюю ось гружёного сортиментовоза:

$$z_1 = 18900 - 13235 = 5665 \text{ кг}$$

Нагрузки на переднюю ось и заднюю тележку гружёного сортиментовоза составляют 29,97% и 70,03% полной массы соответственно. Согласно ГОСТ 33987-2016 нагрузка на управляемую ось автомобиля категории N должна быть по крайней мере 30% от его полной массы [30]. Нагрузки на переднюю ось и заднюю тележку сортиментовоза не соответствуют требованиям данного стандарта, соответственно, необходимо уменьшить массу перевозимого груза.

Рассчитаем нагрузку на переднюю ось автомобиля при начале движения на подъёме крутизной 25° (максимальной для автомобиля КАМАЗ 53215), используя формулы 2.13 – 2.18:

$$P_{mi} = \frac{834 \cdot 6{,}4 \cdot 5{,}4 \cdot 0{,}9}{0{,}47} = 58{,}04 \text{ кН}$$

$$P_{вi} = 0{,}7 \cdot 6{,}69 \cdot 1{,}99^2 = 18 \text{ Н}$$

$$V_i = \frac{146,61 \cdot 0,47}{6,4 \cdot 5,4} = 1,99 \text{ м/с}$$

$$f_i = 0,015 \cdot (1+1,99^2/1500) = 0,018$$

$$Д = \frac{58,04 - 0,018}{189} = 0,31$$

$$\delta_{вр} = 1,04+0,04 \cdot 6,4^2 = 2,68$$

$$j = \frac{0,31 - 0,018}{2,68} \cdot 9,81 = 1,06 \text{ м/с}$$

$z_1 = (18900 \cdot 0,9063 \cdot 1303,7) – (18900 \cdot 0,4226 \cdot 1470) – (((18900 \cdot 0,4226) / 9,81) \cdot 1,06) / 4350 = 2434$ кг

Нагрузка на заднюю тележку:

$z_2 = 18900 – 2434 = 16466$ кг

Нагрузка на переднюю ось составляет 12,87% от полной массы машины, нагрузка на заднюю тележку – 87,13%.

Рассмотрим автобус ПАЗ-320412 вместимостью 60 и 70 пассажиров.

Абсцисса центра масс автобуса в снаряжённом состоянии:

$$X_O = \frac{4400 \cdot 3800}{6280} = 2660 \text{ мм}$$

Ордината центра масс автобуса в снаряжённом состоянии:

$$r_к = 0,5 \cdot 19 \cdot 25,4 + 245 \cdot 0,7 \cdot 0,85 = 387,1 \text{ мм}$$

$h_o = 1,5 \cdot 387,1 = 580,7$ мм

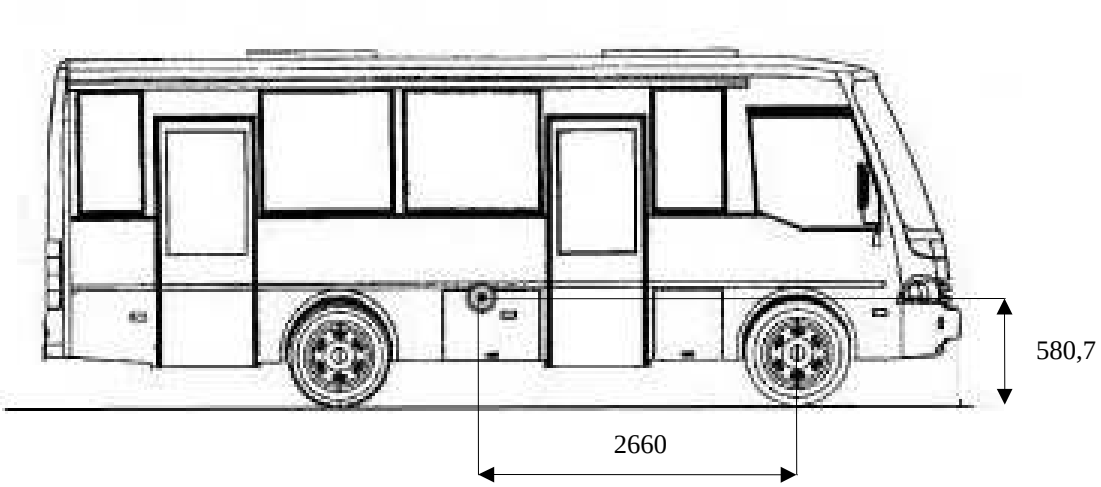

Рисунок 2.10 – Расположение центра масс автобуса в снаряжённом состоянии

Абсцисса центра масс автобуса с 60 пассажирами:

$$X_A = \frac{2660 \cdot 6280 + 3350 \cdot 4500}{6280 + 4500} = 2940 \text{ мм}$$

Ордината центра масс автобуса с 60 пассажирами:

$$h_a = \frac{580{,}7 \cdot 6280 + 3350 \cdot 4500}{6280 + 4500} = 1737 \text{ мм}$$

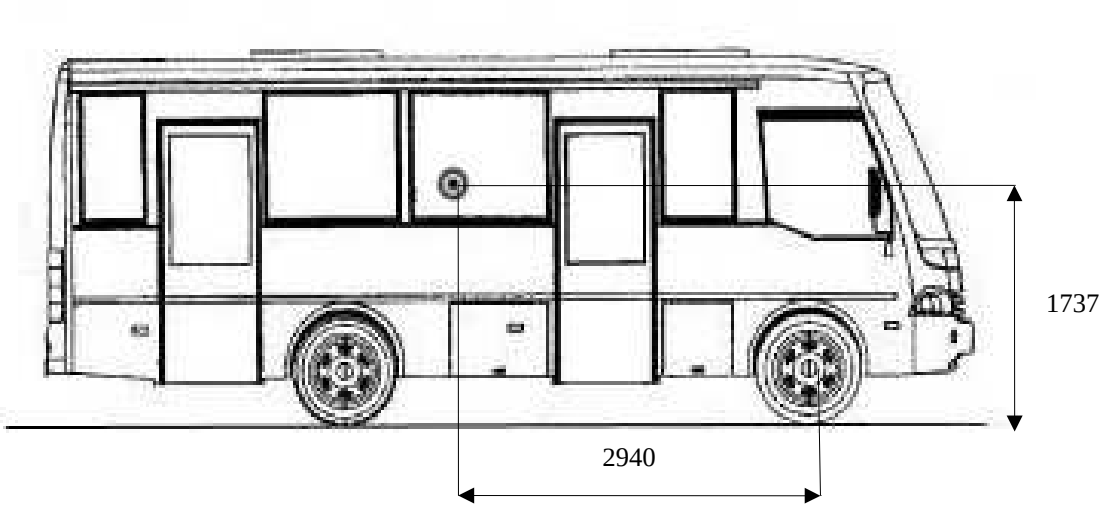

Рисунок 2.11 – Расположение центра масс автобуса с 60 пассажирами

Абсцисса центра масс автобуса с 70 пассажирами:

$$X_A = \frac{2660 \cdot 6280 + 3350 \cdot 5250}{6280 + 5250} = 2970 \text{ мм}$$

Ордината центра масс автобуса с 70 пассажирами:

$$h_a = \frac{580{,}7 \cdot 6280 + 3350 \cdot 5250}{6280 + 5250} = 1841{,}6 \text{ мм}$$

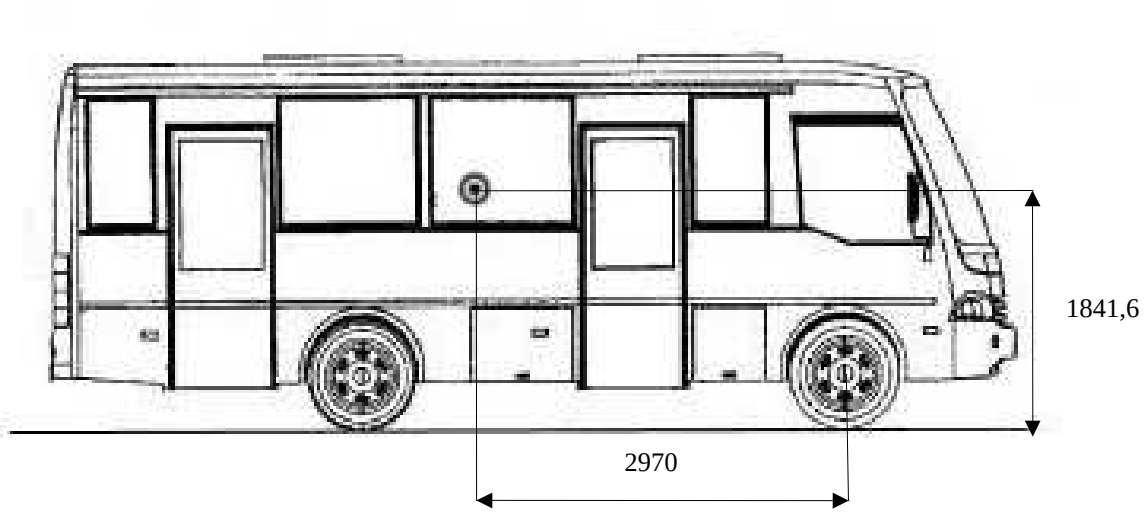

Рисунок 2.12 – Расположение центра масс автобуса с 70 пассажирами

Расчёты показывают, что координаты центра масс автобуса с 60 и 70 пассажирами меняются незначительно, что не оказывает существенного влияния на его поперечную устойчивость.

Максимально допустимая скорость по опрокидыванию для автобуса в снаряжённом состоянии:

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1712 \cdot 10 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 580{,}7}} = 12{,}02 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1712 \cdot 20 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 580{,}7}} = 17 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1712 \cdot 30 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 580{,}7}} = 20{,}28 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1712 \cdot 40 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 580{,}7}} = 24{,}05 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1712 \cdot 50 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 580{,}7}} = 26{,}89 \text{ м/с}$$

Максимально допустимая скорость по опрокидыванию для автобуса с 60 пассажирами:

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1893 \cdot 10 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 1737}} = 6{,}99 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1893 \cdot 20 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 1737}} = 9{,}9 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1893 \cdot 30 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 1737}} = 12{,}12 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1893 \cdot 40 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 1737}} = 14 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1893 \cdot 50 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 1737}} = 15{,}65 \text{ м/с}$$

Максимально допустимая скорость по опрокидыванию для автобуса с 70 пассажирами:

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1756 \cdot 10 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 1841{,}6}} = 6{,}84 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1756 \cdot 20 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 1841{,}6}} = 9{,}67 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1756 \cdot 30 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 1841{,}6}} = 11{,}85 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1756 \cdot 40 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 1841{,}6}} = 13{,}68 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1756 \cdot 50 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 1841{,}6}} = 15{,}3 \text{ м/с}$$

Коэффициент поперечной устойчивости для снаряжённого автобуса:

$$q = (\frac{0{,}5 \cdot 1712}{580{,}7}) = 1{,}47$$

Для автобуса с 60 пассажирами:

$$q = (\frac{0{,}5 \cdot 1734}{1737}) = 0{,}5$$

Для автобуса с 70 пассажирами:

$$q = (\frac{0{,}5 \cdot 1756}{1841{,}6}) = 0{,}48$$

Критический угол опрокидывания для снаряжённого автобуса:

$$\beta_{опр} = \text{arctg } (\frac{1712}{2 \cdot 508{,}7}) = 59{,}7°$$

Критический угол опрокидывания для автобуса с 60 пассажирами:

$$\beta_{опр} = \text{arctg } (\frac{1734}{2 \cdot 1737}) = 27{,}5°$$

Критический угол опрокидывания для автобуса с 70 пассажирами:

$$\beta_{опр} = \text{arctg } (\frac{1756}{2 \cdot 1841{,}6}) = 26°$$

Скорости и углы опрокидывания автобусов на 60 и 70 пассажиров отличаются незначительно, что позволяет сделать вывод о минимальном влиянии переоборудования автобуса на его поперечную устойчивость. Соотношения $\alpha_н = (-2{,}4 + 42{,}4q)°$ при $0{,}55 \le q \le 1$, $\alpha_н = (15 + 25q)°$ при $q > 1$ и $\alpha_н \ge 21°$ при $q < 0{,}55$ выполняются.

Нагрузка на заднюю ось автобуса с 60 пассажирами:

$$R_2 = \frac{10780 \cdot 2940}{3800} = 8340 \text{ кг}$$

Нагрузка на переднюю ось автобуса с 60 пассажирами:

$$R_1 = 10780 - 8340 = 2440 \text{ кг}$$

Нагрузка на заднюю ось автобуса с 70 пассажирами:

$$R_2 = \frac{11530 \cdot 2970}{3800} = 9010 \text{ кг}$$

Нагрузка на переднюю ось автобуса с 70 пассажирами:

$$R_1 = 11530 - 9010 = 2520 \text{ кг}$$

Нагрузки на переднюю и заднюю оси автобуса с 60 пассажирами составляют 22,63% и 77,37% полной массы соответственно, автобуса с 70 пассажирами – 21,85% и 78,15% полной массы соответственно.

Рассмотрим микроавтобус ГАЗ-322132 с 13 и 8 местами для сидения (не считая места водителя).

Абсцисса центра масс 13-местного микроавтобуса в снаряжённом состоянии:

$$X_O = \frac{1440 \cdot 2900}{2500} = 1670 \text{ мм}$$

Ордината центра масс:

$$r_к = 0{,}5 \cdot 16 \cdot 25{,}4 + 185 \cdot 0{,}75 \cdot 0{,}85 = 321{,}1 \text{ мм}$$

$$h_o = 1{,}5 \cdot 321{,}1 = 481{,}7 \text{ мм}$$

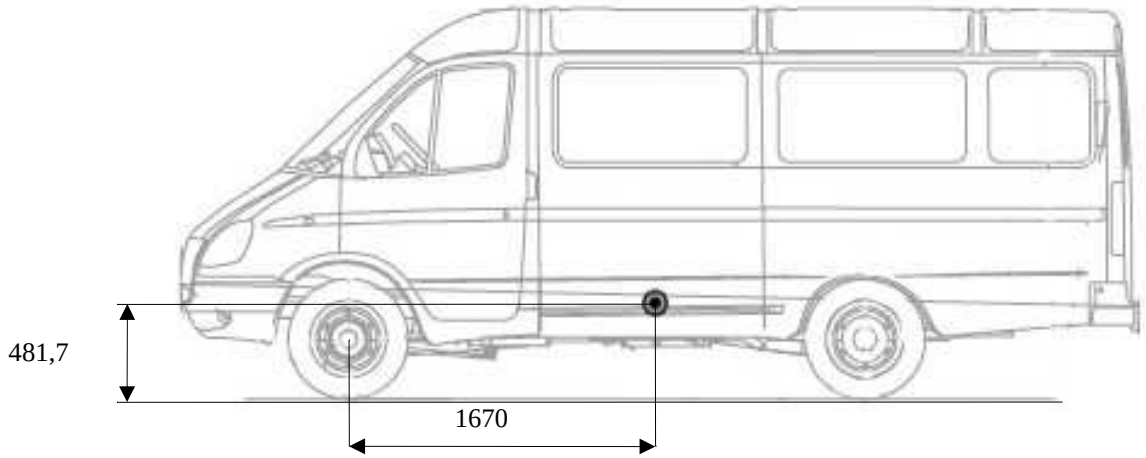

Рисунок 2.13 – Расположение центра масс 13-местного микроавтобуса в снаряжённом состоянии

Абсцисса центра масс загруженного 13-местного микроавтобуса:

$$X_A = \frac{1670 \cdot 2500 + 2548 \cdot 750}{2500 + 750} = 1872 \text{ мм}$$

Ордината центра масс:

$$h_a = \frac{481{,}7 \cdot 2500 + 1371 \cdot 750}{2500 + 750} = 687 \text{ мм}$$

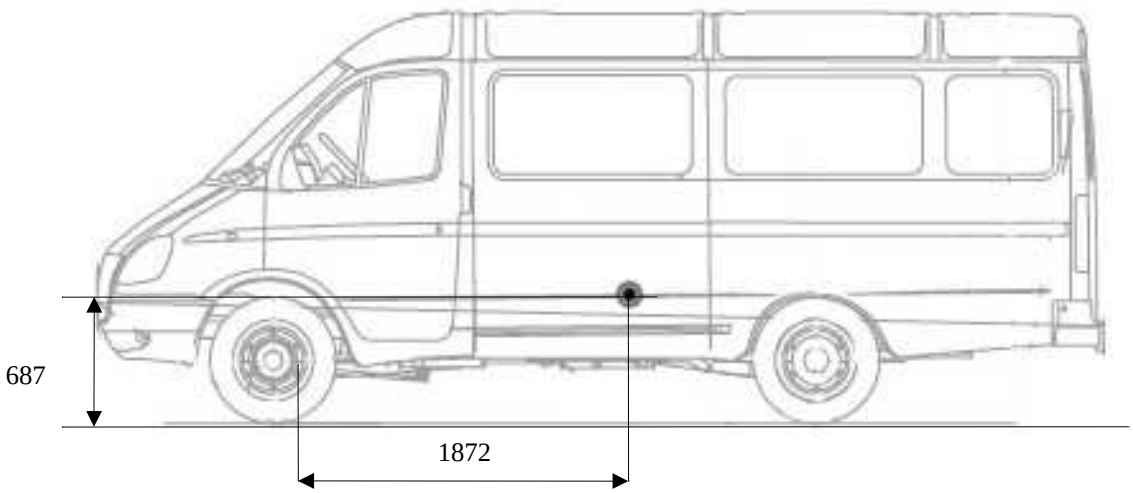

Рисунок 2.14 – Расположение центра масс загруженного 13-местного микроавтобуса

Абсцисса центра масс 8-местного микроавтобуса в снаряжённом состоянии:

$$X_O = \frac{1390 \cdot 2900}{2450} = 1647 \text{ мм}$$

Ордината центра масс:

$$r_к = 0{,}5 \cdot 16 \cdot 25{,}4 + 185 \cdot 0{,}75 \cdot 0{,}85 = 321{,}1 \text{ мм}$$

$$h_o = 1{,}5 \cdot 321{,}1 = 481{,}7 \text{ мм}$$

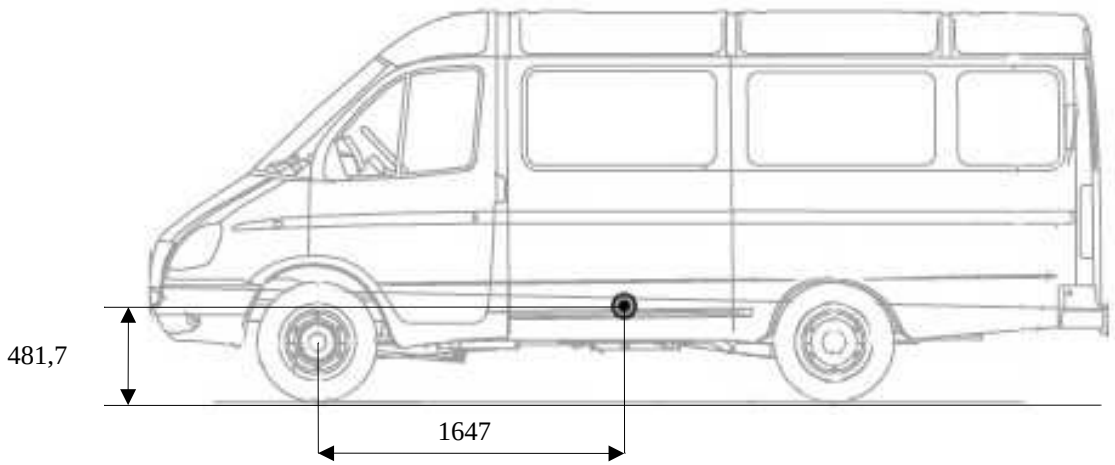

Рисунок 2.15 – Расположение центра масс 8-местного микроавтобуса в снаряжённом состоянии

Абсцисса центра масс загруженного 8-местного микроавтобуса:

$$X_A = \frac{1647 \cdot 2450 + 2548 \cdot 750}{2450 + 750} = 1860 \text{ мм}$$

Ордината центра масс:

$$h_a = \frac{481{,}7 \cdot 2450 + 1371 \cdot 750}{2450 + 750} = 690 \text{ мм}$$

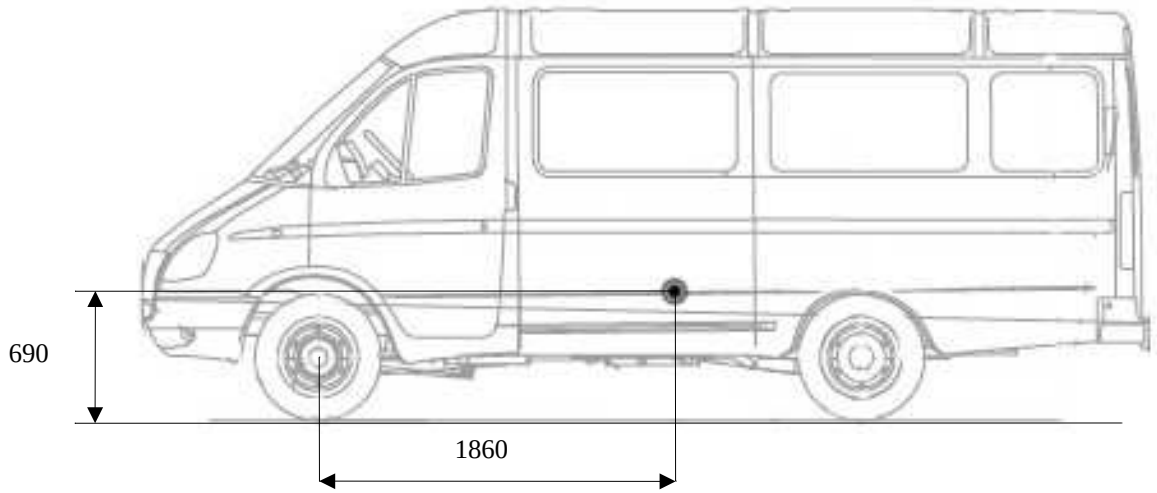

Рисунок 2.16 – Расположение центра масс загруженного 8-местного микроавтобуса

Из расчётов видно, что координаты центра масс 13- и 8-местного микроавтобуса изменяются незначительно и не оказывают существенного влияния на его поперечную устойчивость.

Максимально допустимая скорость по опрокидыванию для 13-местного микроавтобуса в снаряжённом состоянии:

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1599 \cdot 10 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 481{,}7}} = 12{,}76 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1599 \cdot 20 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 481{,}7}} = 18{,}04 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1599 \cdot 30 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 481{,}7}} = 22{,}1 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1599 \cdot 40 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 481{,}7}} = 25{,}52 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1599 \cdot 50 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 481{,}7}} = 28{,}53 \text{ м/с}$$

Максимально допустимая скорость по опрокидыванию для загруженного 13-местного микроавтобуса:

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1577 \cdot 10 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 687}} = 10{,}61 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1577 \cdot 20 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 687}} = 15 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1577 \cdot 30 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 687}} = 18{,}37 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1577 \cdot 40 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 687}} = 21{,}22 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1577 \cdot 50 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 687}} = 23{,}72 \text{ м/с}$$

Максимально допустимая скорость по опрокидыванию для 8-местного микроавтобуса в снаряжённом состоянии:

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1650 \cdot 10 \cdot 9,81}{2 \cdot 481,7}} = 12,96 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1650 \cdot 20 \cdot 9,81}{2 \cdot 481,7}} = 18,33 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1650 \cdot 30 \cdot 9,81}{2 \cdot 481,7}} = 22,45 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1650 \cdot 40 \cdot 9,81}{2 \cdot 481,7}} = 25,92 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1650 \cdot 50 \cdot 9,81}{2 \cdot 481,7}} = 28,98 \text{ м/с}$$

Максимально допустимая скорость по опрокидыванию для загруженного 8-местного микроавтобуса:

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1645 \cdot 10 \cdot 9,81}{2 \cdot 690}} = 10,81 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1645 \cdot 20 \cdot 9,81}{2 \cdot 690}} = 15,29 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1645 \cdot 30 \cdot 9,81}{2 \cdot 690}} = 18,73 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1645 \cdot 40 \cdot 9,81}{2 \cdot 690}} = 21,62 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1645 \cdot 50 \cdot 9,81}{2 \cdot 690}} = 24,18 \text{ м/с}$$

Коэффициент поперечной устойчивости для снаряжённого 13-местного микроавтобуса:

$$q = (\frac{0,5 \cdot 1599}{481,7}) = 1,66$$

Для гружёного 13-местного микроавтобуса:

$$q = (\frac{0,5 \cdot 1577}{687}) = 1,15$$

Для снаряжённого 8-местного микроавтобуса:

$$q = (\frac{0,5 \cdot 1650}{481,7}) = 1,71$$

Для гружёного 8-местного микроавтобуса:

$$q = (\frac{0,5 \cdot 1645}{690}) = 1,19$$

Угол опрокидывания снаряжённого 13-местного микроавтобуса:

$$\beta_{опр} = \text{arctg}\ (\frac{1599}{2 \cdot 481,7}) = 58,7°$$

Угол опрокидывания загруженного 13-местного микроавтобуса:

$$\beta_{опр} = \text{arctg}\ (\frac{1577}{2 \cdot 687}) = 48,7°$$

Угол опрокидывания снаряжённого 8-местного микроавтобуса:

$$\beta_{опр} = \text{arctg}\ (\frac{1650}{2 \cdot 481,7}) = 59°$$

Угол опрокидывания загруженного 8-местного микроавтобуса:

$$\beta_{опр} = \text{arctg}\ (\frac{1645}{2 \cdot 690}) = 50°$$

Скорости и углы опрокидывания 13- и 8- местного микроавтобусов практически не отличаются, соответственно, влияние переоборудования незначительно.

Нагрузка на заднюю ось для загруженного 13-местного микроавтобуса:

$$R_2 = \frac{3200 \cdot 1872}{2900} = 2065 \text{ кг}$$

Нагрузка на переднюю ось:

$$R_1 = 3200 - 2065 = 1135 \text{ кг}$$

Нагрузка на заднюю ось для загруженного 8-местного микроавтобуса:

$$R_2 = \frac{3200 \cdot 1860}{2900} = 2052 \text{ кг}$$

Нагрузка на переднюю ось:

$$R_1 = 3200 - 2052 = 1148 \text{ кг}$$

Нагрузки на переднюю и заднюю оси загруженного 13-местного микроавтобуса составляют 35,46% и 64,54% полной массы соответственно, загруженного 8-местного микроавтобуса – 35,88% и 64,12% полной массы соответственно.

3 Исследование возможности применения методики

Рассмотрим автомобиль КАМАЗ 53215 г/н Р492ОК124, выпущенный заводом-изготовителем как фургон для перевозки взрывчатых веществ, а затем переоборудованный в лесовоз.

Рисунок 3.1 – Испытуемый автомобиль с сортиментовозной площадкой

Рассчитаем координаты центра масс снаряжённого фургона после измерения нагрузок на оси на пункте технического осмотра:

Нагрузка на переднюю ось: 4609 кг

Нагрузка на заднюю тележку: 5541 кг

$$X_O = \frac{5541 \cdot 4350}{10150} = 2374{,}7 \text{ мм}$$

$$r_к = 0{,}5 \cdot 20 \cdot 25{,}4 + 260 \cdot 0{,}98 \cdot 0{,}85 = 470{,}6 \text{ мм}$$

$$h_o = 1{,}5 \cdot 470{,}6 = 705{,}9 \text{ мм}$$

Теперь рассчитаем координаты центра масс без измерения нагрузок на оси:

Абсцисса центра масс фургона в снаряжённом состоянии:

$$X_O = \frac{5600 \cdot 4350}{10150} = 2400 \text{ мм}$$

Ордината центра масс фургона в снаряжённом состоянии:

$$r_к = 0{,}5 \cdot 20 \cdot 25{,}4 + 260 \cdot 0{,}98 \cdot 0{,}85 = 470{,}6 \text{ мм}$$

$$h_o = 1{,}5 \cdot 470{,}6 = 705{,}9 \text{ мм}$$

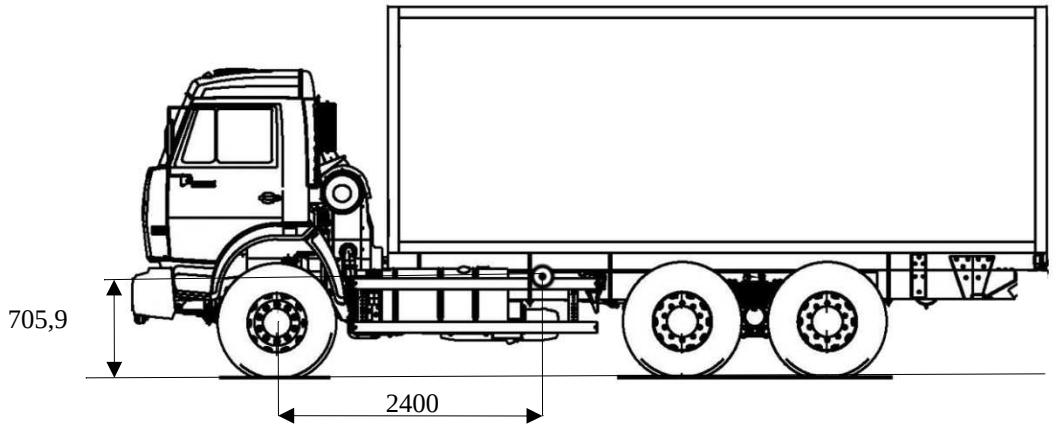

Рисунок 3.2 – Расположение центра масс фургона в снаряжённом состоянии

Абсцисса центра масс гружёного фургона:

$$X_A = \frac{2400 \cdot 10150 + 4127 \cdot 9500}{10150 + 9500} = 3234{,}9 \text{ мм}$$

Ордината центра масс гружёного фургона:

$$h_a = \frac{705{,}9 \cdot 10150 + 2282 \cdot 9500}{10150 + 9500} = 1446 \text{ мм}$$

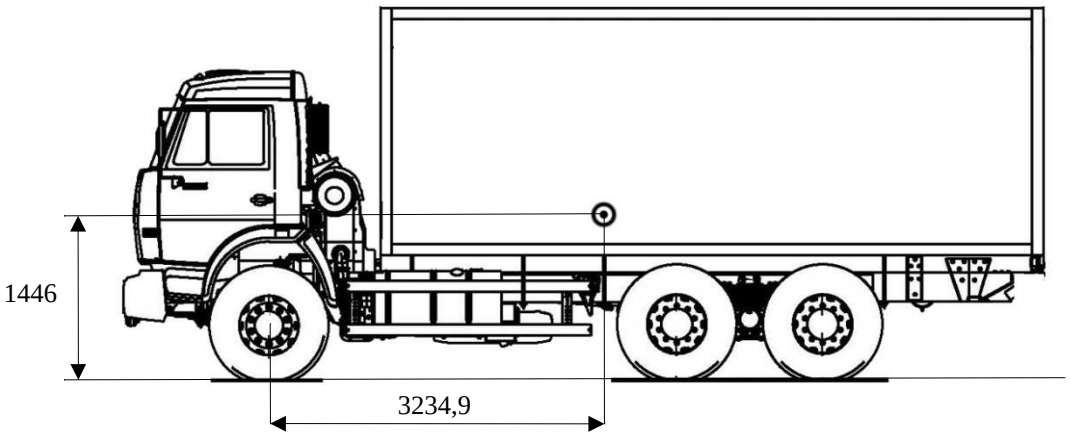

Рисунок 3.3 – Расположение центра масс гружёного фургона

Абсцисса центра масс сортиментовоза в снаряжённом состоянии:

$$X_O = \frac{4730 \cdot 4350}{8900} = 2311{,}9 \text{ мм}$$

Ордината центра масс сортиментовоза в снаряжённом состоянии:

$$r_к = 0{,}5 \cdot 20 \cdot 25{,}4 + 260 \cdot 0{,}98 \cdot 0{,}85 = 470{,}6 \text{ мм}$$

$$h_o = 1{,}5 \cdot 470{,}6 = 705{,}9 \text{ мм}$$

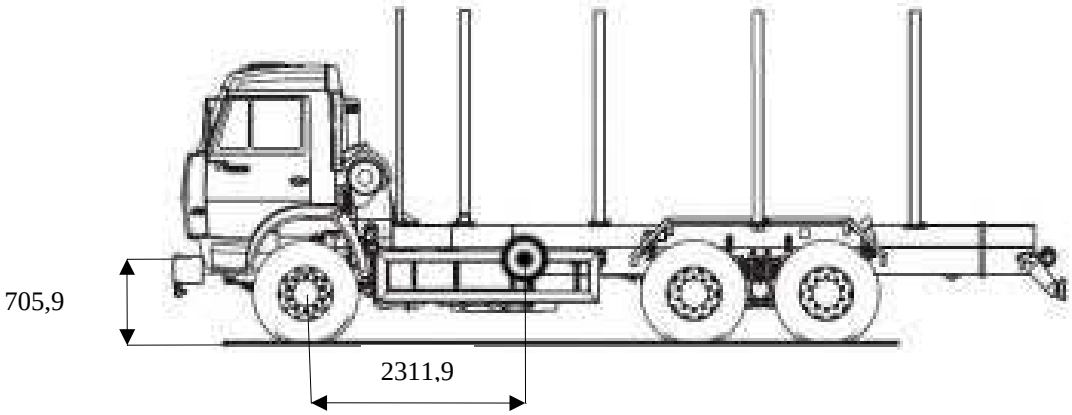

Рисунок 3.4 – Расположение центра масс сортиментовоза в снаряжённом состоянии

Абсцисса центра масс гружёного сортиментовоза:

$$X_A = \frac{2311{,}9 \cdot 8900 + 3700 \cdot 10000}{8900 + 10000} = 3046{,}3 \text{ мм}$$

Ордината центра масс гружёного сортиментовоза:

$$h_a = \frac{705{,}9 \cdot 8900 + 2150 \cdot 10000}{8900 + 10000} = 1470 \text{ мм}$$

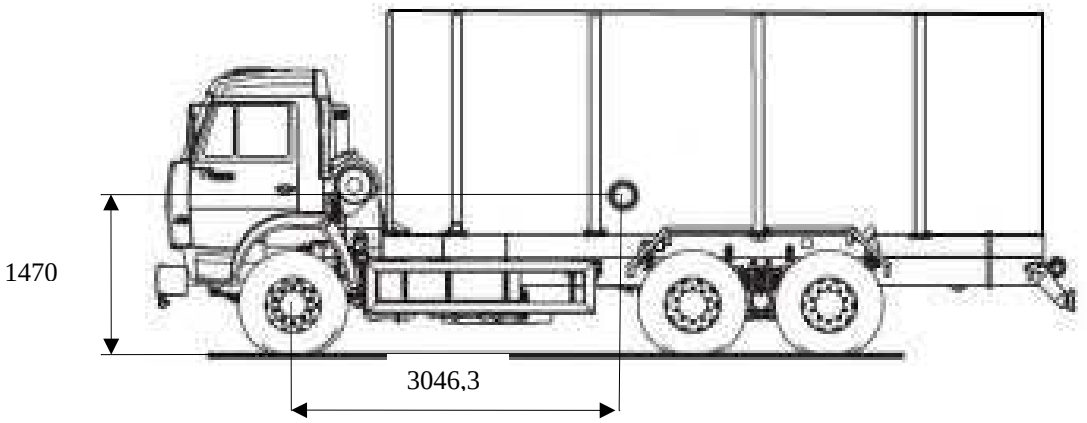

Рисунок 3.5 – Расположение центра масс гружёного сортиментовоза

Расчёты показывают, что координаты центра масс автомобиля при измерении нагрузок на оси при помощи весов и без него отличаются незначительно, разница составляет всего 1,1%, что позволяет сделать вывод о применимости предлагаемого метода исследования. Координаты центра масс автомобиля КАМАЗ-53215 после переоборудования из фургон в лесовоз изменились незначительно. По сравнению с фургоном, абсцисса центра масс сортиментовоза увеличилась на 4,9%, а ордината – на 6,2%. Однако высокий центр масс груза оказывает существенное влияние на продольную и поперечную устойчивость.

Максимально допустимая скорость по опрокидыванию для фургона в снаряжённом состоянии:

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1{,}932 \cdot 10 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 0{,}7059}} = 11{,}58 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1{,}932 \cdot 20 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 0{,}7059}} = 16{,}38 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1{,}932 \cdot 30 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 0{,}7059}} = 20{,}06 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1{,}932 \cdot 40 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 0{,}7059}} = 23{,}17 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1{,}932 \cdot 50 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 0{,}7059}} = 25{,}9 \text{ м/с}$$

Максимально допустимая скорость по опрокидыванию для гружёного фургона:

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1{,}897 \cdot 10 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 1{,}446}} = 8{,}02 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1{,}897 \cdot 20 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 1{,}446}} = 11{,}34 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1{,}897 \cdot 30 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 1{,}446}} = 13{,}89 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1{,}897 \cdot 40 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 1{,}446}} = 16{,}04 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1{,}897 \cdot 50 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 1{,}446}} = 17{,}93 \text{ м/с}$$

Максимально допустимая скорость по опрокидыванию для сортиментовоза в снаряжённом состоянии:

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1{,}940 \cdot 10 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 0{,}7059}} = 11{,}61 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1{,}940 \cdot 20 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 0{,}7059}} = 16{,}42 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1{,}940 \cdot 30 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 0{,}7059}} = 20{,}11 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1{,}940 \cdot 40 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 0{,}7059}} = 23{,}22 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1{,}940 \cdot 50 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 0{,}7059}} = 25{,}96 \text{ м/с}$$

Максимально допустимая скорость по опрокидыванию для гружёного сортиментовоза:

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1{,}919 \cdot 10 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 1{,}47}} = 8 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1{,}919 \cdot 20 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 1{,}47}} = 11{,}31 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1{,}919 \cdot 30 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 1{,}47}} = 13{,}86 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1{,}919 \cdot 40 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 1{,}47}} = 16 \text{ м/с}$$

$$V_{опр} = \sqrt{\frac{1{,}919 \cdot 50 \cdot 9{,}81}{2 \cdot 1{,}47}} = 17{,}89 \text{ м/с}$$

Из результатов расчётов видно, что у гружёного автомобиля критические скорости по опрокидыванию меньше, чем у снаряжённого, то есть при том же радиусе поворота опрокидывание гружёного автомобиля более вероятно. Здесь своё влияние оказывает центр масс: у гружёного автомобиля он располагается выше, соответственно, за счёт увеличения плеча опрокидывающей силы увеличивается опрокидывающий момент.

Коэффициент поперечной устойчивости для снаряжённого снаряжённого фургона:

$$q = (\frac{0{,}5 \cdot 1932}{705{,}9}) = 1{,}36$$

Для гружёного фургона:

$$q = (\frac{0{,}5 \cdot 1897}{1446}) = 0{,}66$$

Для снаряжённого сортиментовоза:

$$q = (\frac{0,5 \cdot 1940}{705,9}) = 1,37$$

Для гружёного сортиментовоза:

$$q = (\frac{0,5 \cdot 1919}{1470}) = 0,65$$

Критический угол опрокидывания для снаряжённого фургона:

$$\beta_{опр} = \text{arctg}\ (\frac{1932}{2 \cdot 705,9}) = 53,9°$$

Для гружёного фургона

$$\beta_{опр} = \text{arctg}\ (\frac{1897}{2 \cdot 1446}) = 33°$$

Для снаряжённого сортиментовоза:

$$\beta_{опр} = \text{arctg}\ (\frac{1940}{2 \cdot 705,9}) = 53,9°$$

Для гружёного сортиментовоза:

$$\beta_{опр} = \text{arctg}\ (\frac{1919}{2 \cdot 1470}) = 32,8°$$

Как видно из результатов расчётов, углы опрокидывания у гружёного фургона и у гружёного сортиментовоза меньше, чем у гружёного бортового автомобиля, т.е. опрокидывание наступает раньше, что связано с увеличением ординаты центра масс автомобиля и груза.

Соотношения $\alpha_н = (-2{,}4 + 42{,}4q)°$ при $0{,}55 \le q \le 1$ и $\alpha_н = (15 + 25q)°$ при $q > 1$ в данном случае выполняются.

Нагрузка на заднюю тележку для гружёного фургона:

$$z_2 = \frac{19650 \cdot 3234{,}9}{4350} = 14612 \text{ кг}$$

Нагрузка на переднюю ось гружёного фургона:

$$z_1 = 19650 - 14612 = 5038 \text{ кг}$$

Нагрузка на заднюю тележку для гружёного сортиментовоза:

$$z_2 = \frac{18900 \cdot 3046{,}3}{4350} = 13235 \text{ кг}$$

Нагрузка на переднюю ось гружёного сортиментовоза:

$$z_1 = 18900 - 13235 = 5665 \text{ кг}$$

Нагрузки на переднюю ось и заднюю тележку гружёного фургона составляют 26,1% и 73,9% полной массы соответственно. Нагрузки на переднюю ось и заднюю тележку гружёного сортиментовоза составляют 29,97% и 70,03% полной массы соответственно.

Нагрузки на переднюю ось и заднюю тележку фургона и соритментовоза не соответствуют требованиям ГОСТ 33987-2016, следовательно, необходимо уменьшить массу перевозимого груза либо расположить его как можно ближе к передней части автомобиля для более равномерного распределения массы по осям.

Рассчитаем нагрузку на переднюю ось гружёных фургона и сортиментовоза при начале движения на подъёме крутизной 25° (максимальной для автомобиля КАМАЗ 53215), используя формулы 2.13 – 2.18.

Для гружёного фургона:

$$P_{mi} = \frac{834 \cdot 6,4 \cdot 5,4 \cdot 0,9}{0,47} = 58,04 \text{ кН}$$

$$P_{вi} = 0,7 \cdot 6,69 \cdot 1,99^2 = 18 \text{ Н}$$

$$V_i = \frac{146,61 \cdot 0,47}{6,4 \cdot 5,4} = 1,99 \text{ м/с}$$

$$f_i = 0,015 \cdot (1+1,99^2/1500) = 0,018$$

$$Д = \frac{58,04 - 0,018}{189} = 0,31$$

$$\delta_{вр} = 1,04+0,04 \cdot 6,4^2 = 2,68$$

$$j = \frac{0,31 - 0,018}{2,68} \cdot 9,81 = 1,06 \text{ м/с}$$

$z_1 = (19150 \cdot 0,9063 \cdot 1452,9) – (19150 \cdot 0,4226 \cdot 1446) – (((19150 \cdot 0,4226) / 9,81) \cdot 1,06) / 4350 = 3106$ кг

Нагрузка на заднюю тележку:

$$z_2 = 19150 – 3106 = 16044 \text{ кг}$$

Нагрузка на переднюю ось составляет 16,2% от полной массы машины, нагрузка на заднюю тележку – 83,8%.

Для гружёного сортиментовоза:

$$P_{mi} = \frac{834 \cdot 6,4 \cdot 5,4 \cdot 0,9}{0,47} = 58,04 \text{ кН}$$

$P_{вi} = 0,7 \cdot 6,69 \cdot 1,99^2 = 18$ Н

$V_i = \frac{146,61 \cdot 0,47}{6,4 \cdot 5,4} = 1,99$ м/с

$f_i = 0,015 \cdot (1+1,99^2/1500) = 0,018$

$Д = \frac{58,04 - 0,018}{189} = 0,31$

$\delta_{вр} = 1,04+0,04 \cdot 6,4^2 = 2,68$

$j = \frac{0,31 - 0,018}{2,68} \cdot 9,81 = 1,06$ м/с

$z_1 = (18900 \cdot 0,9063 \cdot 1303,7) - (18900 \cdot 0,4226 \cdot 1470) - (((18900 \cdot 0,4226) / 9,81) \cdot 1,06) / 4350 = 2434$ кг

Нагрузка на заднюю тележку:

$z_2 = 18900 - 2434 = 16466$ кг

Нагрузка на переднюю ось составляет 12,87% от полной массы машины, нагрузка на заднюю тележку – 87,13%, что тоже не соответствует требованиям ГОСТ 33987-2016.

4 Выводы

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Наиболее часто в Красноярском крае переоборудуются грузовые автомобили. Самое распространённое изменение, вносимое в конструкцию грузовых автомобилей – установка сортиментовозной площадки.
2. Установка сортиментовозной площадки изменяет координаты центра масс автомобиля, что влияет на его устойчивость и нагрузки на оси.
3. Расчёты показывают, что при начале движения на подъём на полностью загруженном автомобиле не выполняются требования ГОСТ 33987-2016, касающиеся нагрузок на оси грузовых автомобилей. Чтобы нагрузки соответствовали нормативам (на переднюю ось должно приходиться как минимум 30% полной массы автомобиля), необходимо уменьшить массу перевозимого груза либо разместить груз как можно ближе к передней части автомобиля для более равномерного распределения массы автомобиля по осям.
4. В ходе исследования возможности применения предлагаемой методики было установлено, что координаты центра масс автомобиля после измерения нагрузок на оси на пункте технического осмотра и без него отличаются незначительно, разница составляет всего 1,1%. Это позволяет сделать вывод о том, что предложенная методика оценки влияния изменения координаты центра масс автомобиля после внесения изменений в его конструкцию является работоспособной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В магистерской диссертации на тему «Совершенствование методики оценки влияния модернизации транспортных средств на безопасность транспортных процессов» были рассмотрены основные аспекты исследования влияния внесения изменений в конструкцию транспортных средств на безопасность перевозок.

В разделе «Анализ существующих методов оценки безопасности ТС с внесёнными в конструкцию изменениями» был проведен анализ существующих исследований, посвящённых влиянию внесению изменений в конструкцию автомобиля на безопасность его эксплуатации, нормативно-правовой базы, регламентирующей внесение изменений в конструкцию транспортных средств, анализ аварийности на дорогах России, а также анализ статистических данных о количестве и видах изменений, вносившихся в конструкцию автомобилей в Красноярском крае.

В рамках раздела «Разработка методики определения координат центра масс ТС расчётным методом» было проведено исследование параметров, влияющих на продольную и поперечную устойчивость автомобиля и нагрузки на оси, этими параметрами являются абсцисса и ордината центра масс автомобиля, был предложен алгоритм исследования изменения координат центра масс на устойчивость и нагрузки на оси, были приведены примеры расчёта координат центра масс в отношении грузовых автомобилей и автобусов.

В разделе «Исследование возможности применения методики» был проведён расчёт координат центра масс автомобиля КАМАЗ, переоборудованного из фургона для перевозки взрывчатых веществ в сортиментовоз по предложенному алгоритму, проведено сравнение результатов.

В разделе «Выводы» представлены основные результаты проведённого исследования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Белехов, А. А. Качественная оценка возможности внесения изменений в конструкцию транспортных средств, находящихся в эксплуатации / А. А. Белехов // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 6 (65). – С. 221–227.
2. Генсон Е.М., Лобов Н.В., Королев И.А. Обеспечение норм эксплуатационной безопасности при внесении изменений в конструкцию транспортных средств / Е.М. Генсон // Химия. Экология. Урбанистика. – 2018. – № 1. – С. 352–356.
3. Белехов А.А., Евтюков С.А. Совершенствование методов предварительной технической экспертизы как первый этап определения возможности внесения изменений в конструкцию транспортных средств / А. А. Белехов // Вестник гражданских инженеров. – 2017. – № 1 (60). – С. 239–245.
4. Зубриський, С. Г. Оценка влияния конструктивных изменений автотранспортных средств на безопасность их использования: дис. … к-та техн. наук : 05.03.03 / Зубриський С.Г. – Москва, 2003. – 184 с.
5. Белехов А.А., Горшков В.Н. Разработка алгоритма проведения оценки возможности внесения изменений в конструкцию транспортных средств, находящихся в эксплуатации / А. А. Белехов // Вестник гражданских инженеров. – 2016. – № 6 (59). – С. 182–187.
6. Грядунов В.М. Внесение изменений в конструкцию транспортных средств / В. М. Грядунов // Наука и практика. – 2016. – №2 (67). – С. 33–35
7. Ярушкин С.А. Внесение изменений в конструкцию автомобиля для повышения безопасности дорожного движения / С.А. Ярушкин // Наука и образование в XXI веке. – 2012. – С. 149–150.
8. Чичкина М.И., Кузьмин Н.А, Трусов Ю.П. Оценка параметров устойчивости и управляемости при внесении изменений в конструкцию автомобиля / Чичкина М.И. // Транспортные системы. – 2018. – №2 (8). – С. 4–11 .

9. Гируцкий О.И., Кириллов К.А. Современное оборудование для исследования, контроля и диагностики технического состояния колесных транспортных средств при внесении изменений в конструкцию на стадии эксплуатации / О.И. Гируцкий // Транспортные системы. – 2019. – №1 (11). – С. 19–39.

10. Гируцкий О.И., Кириллов К.А. Перспективы развития и блок-схемы инженерной оценки соответствия требованиям к безопасности колёсных транспортных средств, находящихся в эксплуатации, при внесении изменений в их конструкцию / О.И. Гируцкий // Журнал автомобильных инженеров. – 2018. – №1 (108). – С. 48–53.

11. Кириллов К.А. Методология формирования требований к безопасности конструкции колёсных транспортных средств при внесении изменений в их конструкцию, в том числе находящихся в эксплуатации, включая методы оценки и экспертизы / К.А. Кириллов // Труды НАМИ. – 2017. – №2 (269). – С. 55–68.

12. Кириллов К.А. Регламентация требований к безопасности автотранспортных средств (АТС) в Евразийском экономическом союзе (ЕАЭС) при внесении изменений в конструкцию / К.А. Кириллов // Труды НАМИ. – 2016. – №3 (266). – С. 63–72.

13. Кириллов К.А. Международный опыт оценки соответствия требованиям безопасности внесённых изменений в конструкцию транспортных средств, в том числе и находящихся в эксплуатации конструкцию / К.А. Кириллов // Труды НАМИ. – 2016. – №4 (267). – С. 61–70.

14. Гируцкий О.И., Кириллов К.А. Новый стандарт по административному аспекту регистрации внесения изменений в конструкцию транспортного средства / О.И. Гируцкий // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. – 2018. – №1 (108). – С. 48–53.

15. Белехов А.А., Горшков В.Н. Разработка алгоритма проведения предварительной технической экспертизы / А.А. Белехов // Вестник гражданских инженеров. – 2018. – № 2 (67). – С. 220–225.

16. Белехов А.А. Разработка модели оценки влияния вносимых в конструкцию транспортных средств изменений на безопасность дорожного движения / А.А. Белехов // Вестник гражданских инженеров. – 2018. – № 6 (71). – С. 169–174.

17. Ефанов С.И., Савельев Б.И., Шинкаренко А.А. Внесение изменений в конструкцию транспортных средств, зарегистрированных в ГИБДД ХМАО / С.И. Ефанов // Современные проблемы управления образовательными, социально-экономическими и техническими системами. – 2010. – С. 108–113.

18. Молев Ю.И., Черевастов М.Г., Бажан П.И., Захаров Л.А., Аникин А.А., Кузнецов Ю.П., Слюсарев А.С. Анализ изменений, внесенных в конструкции транспортных средств, при производстве переоборудования автомобилей на территории Нижегородской области в 2015 году / Ю.И. Молев // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2018. – №4 (123). – С. 243–248.

19. Молев Ю.И., Черевастов М.Г. Предварительная оценка управляемости при внесении изменений в конструкцию автомобиля, обладающего избыточной поворачиваемостью / Ю.И. Молев // Организация и безопасность дорожного движения. – 2019. – С. 214–220.

20. Грошев А.М., Огороднов С.М., Тумасов А.В. Определение размеров полуприцепа при внесении изменений в конструкцию несущей системы / А.М. Грошев // Автотранспортное предприятие. – 2008. – №2 – С. 52–55.

21.Панов Ю.В., Беспальчая Е.Н., Пронников А.Н., Павелко М.А. Анализ практики применения Технического регламента 018/2011 в части внесения изменений в конструкцию при установке газобаллонного оборудования / Ю.В. Панов // Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта. – 2017. – С. 146–151.

22. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 12 месяцев 2016 года. Информационно-аналитический обзор. – М.: ФКУ НИЦ БДД МВД России, 2017. – 18 с.

23. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 12 месяцев 2017 года. Информационно-аналитический обзор. – М.: ФКУ НИЦ БДД МВД России, 2017. – 18 с.

24. О безопасности колёсных транспортных средств [Электронный ресурс] : Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 018/2011 // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: http://www.consultant.ru.

25. Об утверждении Правил внесения изменений в конструкцию находящихся в эксплуатации колесных транспортных средств и осуществления последующей проверки выполнения требований технического регламента Таможенного союза "О безопасности колесных транспортных средств" [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ от 06.04.2019 № 413 // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: http://www.consultant.ru.

26. Об утверждении нормативных правовых актов, регламентирующих деятельность Государственной инспекции безопасности дорожного движения Министерства внутренних дел Российской Федерации по техническому надзору [Электронный ресурс] : Приказ МВД России от 07.12.2000 № 1240 // Справочная правовая система «КонсультантПлюс». – Режим доступа: http://www.consultant.ru.

27. Ковалёв В.А. Безопасность транспортных средств : учеб. пособие / В. А. Ковалев, И. М. Блянкинштейн, Д. А. Морозов. – Красноярск : Сиб. федер.ун-т, 2018. – 238 с.

28. ГОСТ 31507–2012 Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний – Введ. 01.09.2013. – Москва : Стандартинформ, 2013. – 54 с.

29. Расчет тягово-скоростных свойств, топливной экономичности и основных узлов автотранспортных средств: учеб. - метод. пособие / Б.Г. Гасанов, В.А. Брагинец, Е.К. Яркин, В.Г. Тамадаев. – Новочеркасск : ЮРГТУ (НПИ), 2009. – 56 с.

30. ГОСТ 33987–2016 Транспортные средства колесные. Массы и размеры. Технические требования и методы определения – Введ. 01.02.2018. – Москва : Стандартинформ, 2017. – 19 с.

31. СТО 4.2 – 07 – 2014. Стандарт организации. Система менеджмента качества. Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной и научной деятельности / Красноярск: СФУ, 2014. – 60 с.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Политехнический институт
Кафедра «Транспорт»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ _____
подпись инициалы, фамилия
«_____» _____20 __ г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Совершенствование методики оценки влияния модернизации транспортных средств на безопасность транспортных процессов

23.03.01 – Технология транспортных процессов

23.03.01.01 – Организация перевозок и управление на автомобильном транспорте

Научный руководитель 05.07.2019 А.М. Асхабов

Выпускник 5.07.2019 П.С. Бояркин

Рецензент В.А. Зеер

Красноярск 2019